

DOTT. GEOL. GIUSTI ARRIGO
42019 SCANDIANO (R.E.) - VIA CESARI, 18
TEL. (0522) 984819 - (348) 9109596
www.geogiusti.it arrigogiusti@alice.it



COMUNE DI SCANDIANO
(Provincia di Reggio nell'Emilia)

LOCALITÀ : VIA ZINI - ARCETO

VARIANTE AL PSC



COMMITTENTE : RINALDI GIANNA

RELAZIONE GEOLOGICA, PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE E RISCHIO IDRAULICO

CONSULENZE NEL CAMPO GEOLOGICO GEOTECNICO ED ESTRATTIVO

INDICE

| | |
|--|----|
| 1. PREMESSA..... | 3 |
| 2. MORFOLOGIA, PEDOLOGIA E CARATTERISTICHE CLIMATICHE | 4 |
| 3. INQUADRAMENTO TETTONICO E CENNI DI GEOLITOLOGIA..... | 5 |
| 4. METODOLOGIA D'INDAGINE | 7 |
| 5. CARATTERISTICHE LITOLOGICHE E PARAMETRI GEOTECNICI..... | 9 |
| 6. CARATTERISTICHE DELLA CONOIDE DEL T. TRESINARO E CENNI DI IDROGEOLOGIA | 10 |
| 7. RISCHIO IDRAULICO | 13 |
| 8. SISMICITÀ DELL' AREA | 20 |
| 9. RISPOSTA SISMICA LOCALE SEMPLIFICATA..... | 26 |
| 10. MICROZONAZIONE SISMICA..... | 30 |
| 11. RISPOSTA SISMICA DI III° LIVELLO | 33 |
| 12. VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE | 36 |
| 13. RIEPILOGO E CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE | 37 |

- ALLEGATI:

- UBICAZIONE DELLE INDAGINI
- PROVE PENETROMETRICHE STATICHE
- INDAGINE GEOFISICA Re.Mi.
- RISPOSTA SISMICA DI III° LIVELLO
- VERIFICA A LIQUEFAZIONE

1. PREMESSA

Con riferimento agli accordi intercorsi con il Geom. Claudio Corghi di Scandiano (RE), trasmetto la presente relazione geologica, sulla pericolosità sismica di base e rischio idraulico atta a valutare le caratteristiche geolitologiche, geomeccaniche e sismiche di un'area, sita in Arceto di Scandiano (RE), su cui è in progetto una variante al PSC.

L'esecuzione di indagini geognostiche e geofisiche ha consentito di definire con precisione le caratteristiche litologiche, idrogeologiche e sismiche dei terreni qui presenti. Più precisamente, sono state prese in considerazione due penetrometrie statiche unitamente ad un'indagine geofisica tipo Re.Mi. per la determinazione del Vs30.

Il presente elaborato è stato redatto in ottemperanza alle disposizioni contenute nelle normative di riferimento per il settore geologico e geotecnico e consultando gli strumenti di pianificazione provinciale e di bacino. Sono qui di seguito elencate le principali normative di riferimento:

- D.M. 17/1/2018 – “Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni”;
- D.G.R. n° 1300 del 01/08/2016 “Prime disposizioni regionali concernenti l’attuazione del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni nel settore urbanistico”;
- D.G.R. n° 2193 del 21/12/2015 aggiornamento dell’atto di coordinamento tecnico denominato “Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica”;
- Circolare del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti 2/2/2009 – “Istruzioni per l’applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008”;
- D.M. 14/1/2008 – “Testo unitario - Norme tecniche per le costruzioni”;
- Legge regionale 30 ottobre 2008, n. 19 "Norme per la riduzione del rischio sismico".
- Delibera Assemblea Legislativa (DAL) n. 112/2007 Art. 16 c.1 ”Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica”;

- “Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica” approvato dal Dipartimento della Protezione Civile e dalla Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome e successive modifiche e integrazioni (da qui in avanti “ICMS”);
- L. 64/74 - “Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche”.
- AGI: raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio e sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche. Giugno 1990;
- Circolare Min. LL.PP. n°30483 24 settembre 1988;
- D.M. 11/3/88 - “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l’esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione”.

2. MORFOLOGIA, PEDOLOGIA E CARATTERISTICHE CLIMATICHE

L'area in oggetto di studio, mediamente posta alla quota di 72.5 m s.l.m., è sita a oriente del nucleo storico di Arceto, in riva destra dell'alveo del T. Tresinaro.

Si tratta di una superficie di forma irregolare situata in località Casellette, a valle dell'incrocio tra l'omonima strada comunale e la Strada Provinciale n° 66 Due Maestà - Arceto - Salvaterra, che qui prende il nome di Via per Casalgrande (cf. stralcio dalla C.T.R. in scala 1 : 5.000 - elemento n° 201132 - Aceto).

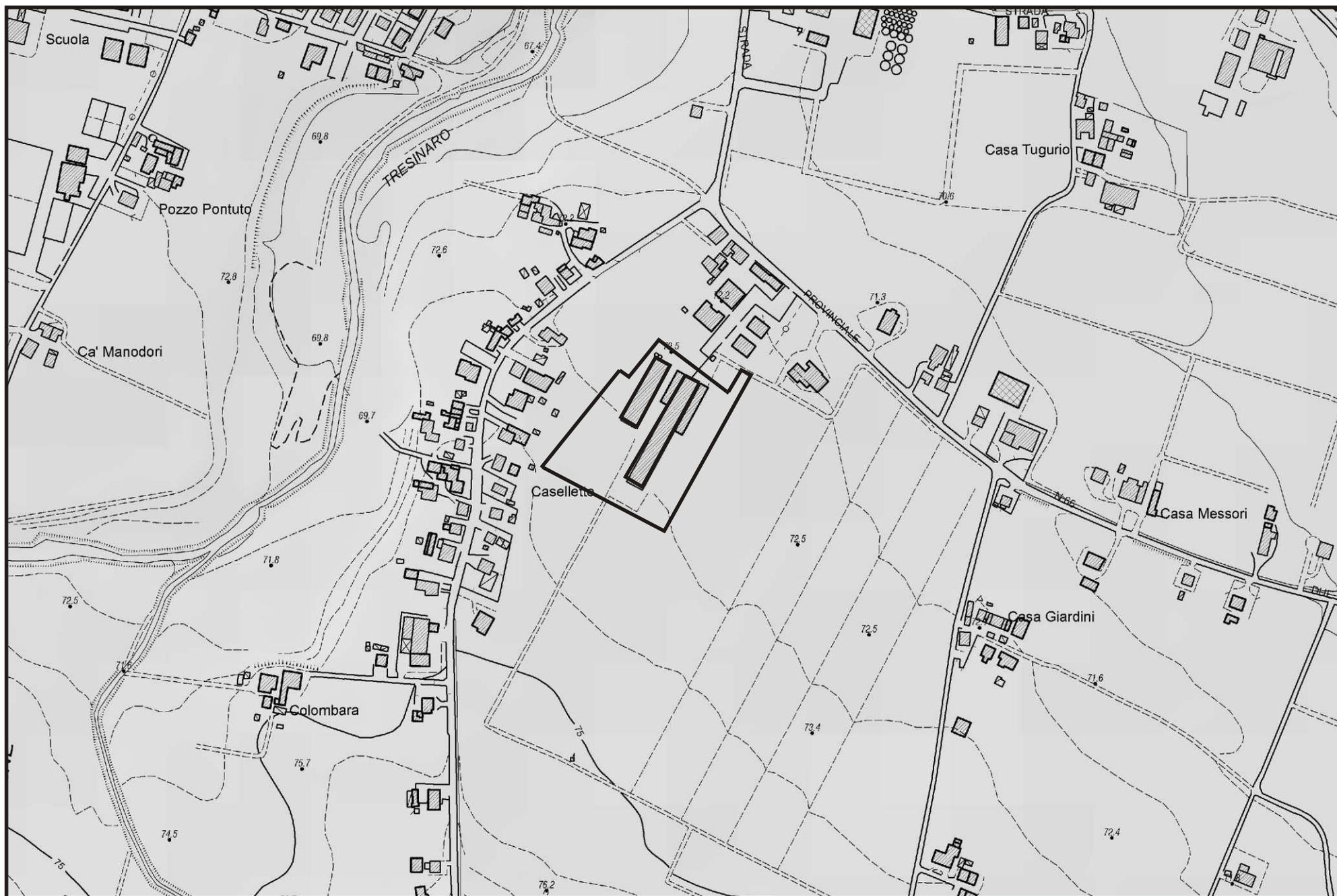
Questa zona, da un punto di vista idrogeologico, compete all'Unità Idrogeologica dei corsi d'acqua minori. Tale Unità Idrogeologica, verso Nord, sfuma, per eteropia di facies, nell'Unità Idrogeologica della media pianura.

In virtù delle caratteristiche fisico-chimiche del suolo l'indirizzo naturale di questi terreni è quello agricolo.

I suoli tipici di questa Unità Idrogeologica appartengono all'associazione dei “suoli alluvionali”.

STRALCIO DALLA C.T.R. IN SCALA 1: 5000

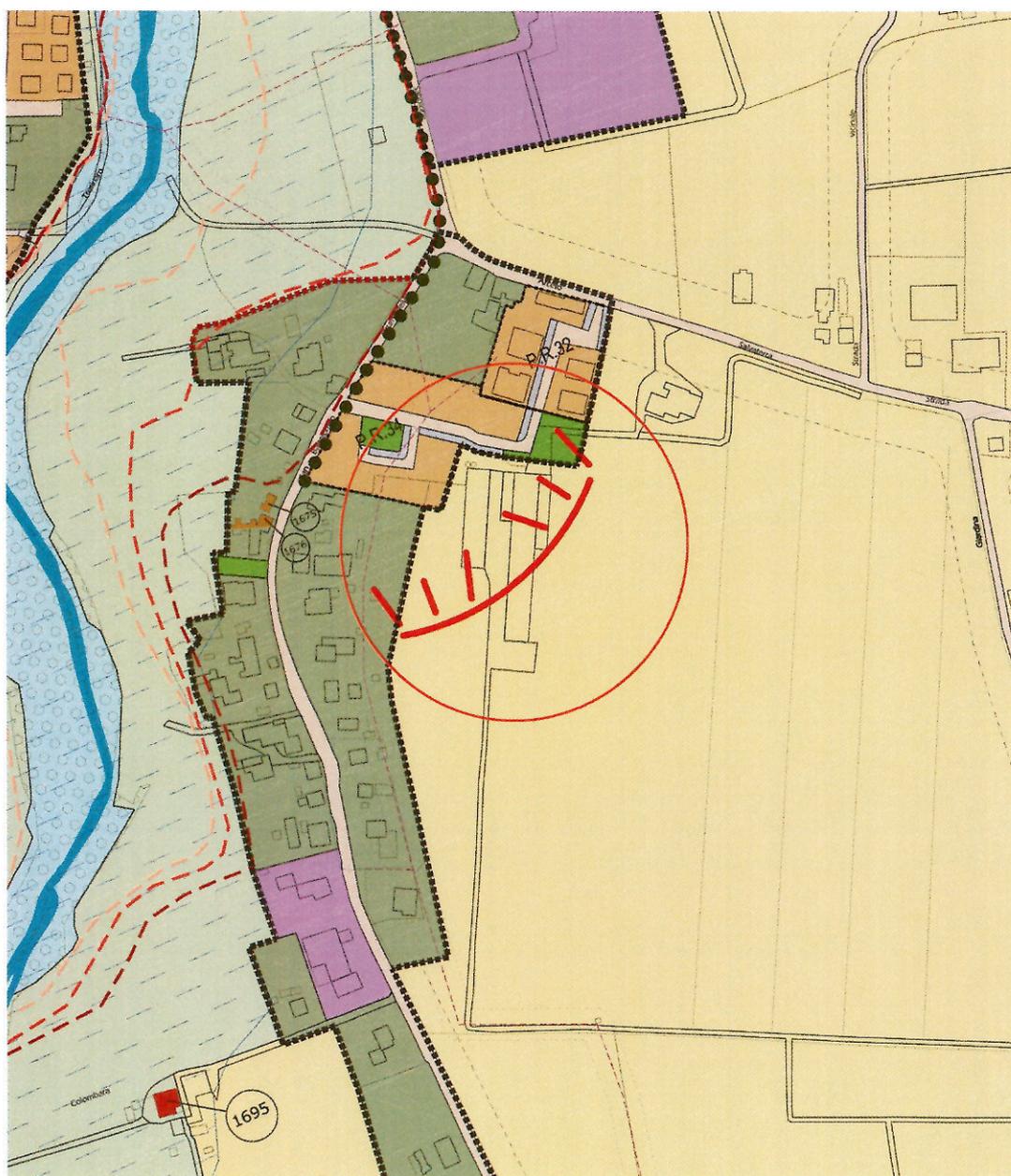
Elemento n° 201132 - Arceto



**STRALCIO DI R.U.E. VIGENTE
COMUNE DI SCANDIANO**

Scala 1:5000

Tavola 3.2





N=4941300

E=1636900

1 Particella: 324

23-Giu-2015 17:43
Prot. n. T282276/2015

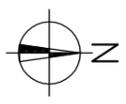
Scala originale: 1:2000
Dimensione cornice: 776.000 x 552.000 metri

Comune: SCANDIANO
Foglio: 23

| | PSC vigente | PROPOSTA |
|---------|-------------------------|------------------------|
| S.T. | Alloggio teorico mq 110 | mq 15700,00 |
| S.U1 | mq 8000,00 (50% S.T.) | mq 8955,00 (60% S.T.) |
| S.F. | max mq 8000,00 | mq 6745,00 |
| Alloggi | n.20 teorici da mq 110 | n.24 teorici da mq 105 |
| S.C. | 20x110 = mq 2200,00 | mq 2500,00 |
| U.F. | mq/mq 0,28 | mq/mq 0,37 |
| P1 | 25% S.C. = mq 750,00 | mq 860,00 |

PLANIMETRIA GENERALE
SU BASE CATASTALE
Scala 1:1000

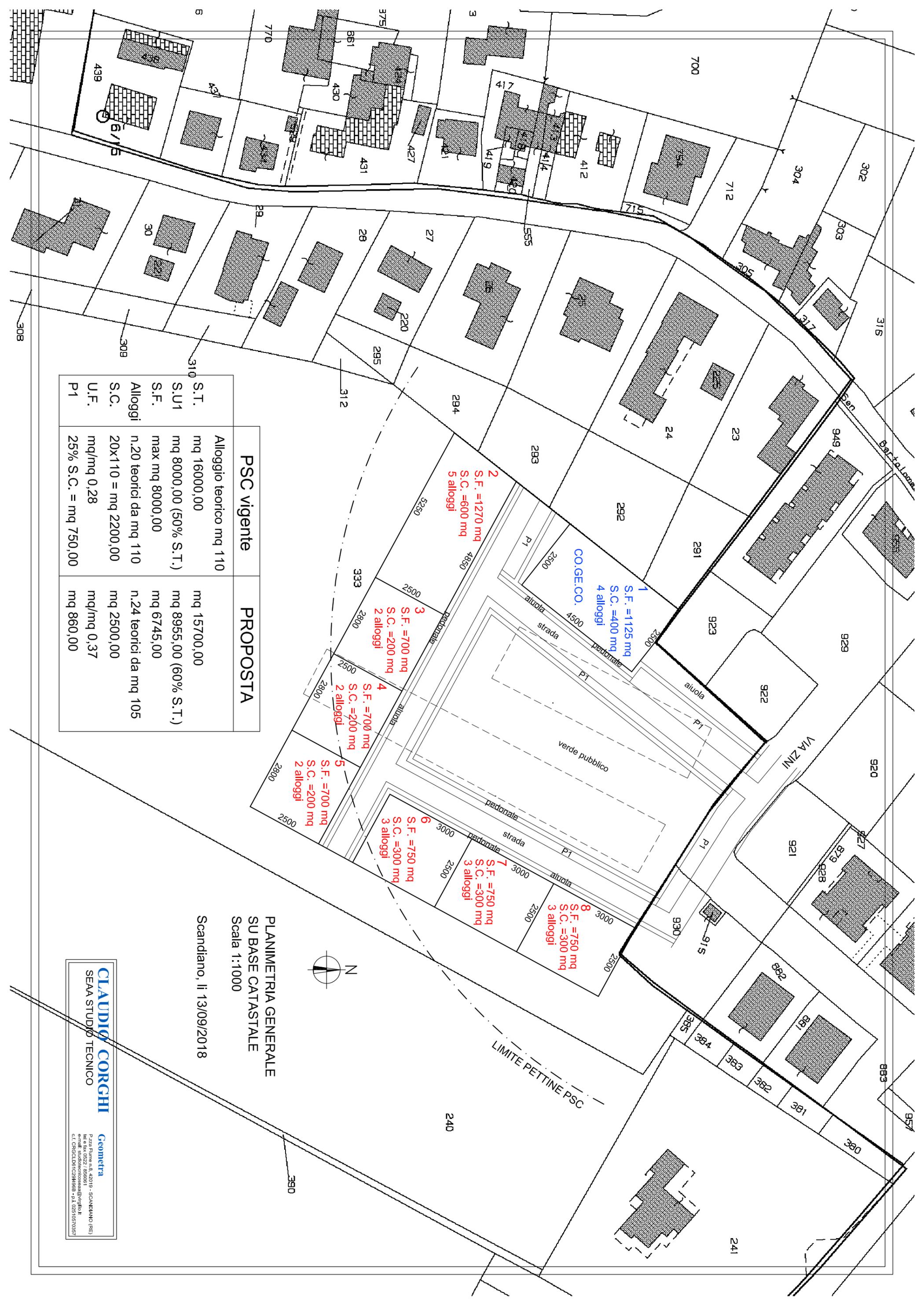
Scandiano, li 13/09/2018



LIMITE PETTINE PSC

CLAUDIO CORCHI
SEAA STUDIO TECNICO

Geometra
P.zza Piuma 8, 42010 - SCANDIANO (RE)
tel. e fax 0522 / 859011
e-mail: studio@claudiorcorchi.it
c.t. CROCCIDR1C03M98B - p.t. 02510570357



Si tratta di entisuoli, generalmente calcarei e sub alcalini, a prevalente tessitura limo-argillosa.

La potenzialità colturale è da buona ad elevata.

Il regime pluviometrico della zona è di tipo continentale. Il valore medio annuo delle precipitazioni è di 791 mm con punte massime di piovosità in primavera (221 mm) ed in autunno (232 mm).

La temperatura media mensile annua è di 13.4 °C, con valori medi massimi di 30.1 °C, per il mese di luglio e minimi di - 2.0 °C, per il mese di gennaio.

L'escursione annua è quindi di 32.1 °C.

I venti predominanti provengono da occidente in inverno, da oriente nelle altre stagioni.

3. INQUADRAMENTO TETTONICO E CENNI DI GEOLITOLOGIA

L'intero territorio di Arceto risulta compreso nel bacino subsidente pliocenico-quadernario della Pianura Padana, costituito da un'ampia depressione a stile compressivo colmata da sedimenti mesozoici, terziari e quadernari.

I litotipi che compongono il primo sottosuolo, in relazione alle evoluzioni idrografiche di fiumi e torrenti, hanno un andamento lentiforme, discontinuo, con passaggi laterali e verticali da una componente granulometrica all'altra più o meno gradualmente.

Dal punto di vista stratigrafico quindi il territorio in esame si presenta di una complessità non trascurabile dovuta alla migrazione del T. Tresinaro, al costipamento differenziato dei sedimenti fluviali, nonché al massiccio intervento antropico volto alla regimazione del corso d'acqua, con tutta una serie di deviazioni, canalizzazioni e bonifiche.

Consultando la cartografia geologica ufficiale si può facilmente notare come il territorio ricada a sud di un sovrascorrimento profondo che verso Arceto e nella fattispecie Casellette, ad oriente dell'abitato, evolve in un'anticlinale sepolta e, verso la zona pedecollinare, in una sinclinale,

anch'essa sepolta, tutte lineazioni tettoniche che accompagnano l'andamento del margine appenninico-padano.

Secondo quanto riportato nel "Rilevamento-studio delle risorse idriche sotterranee nel territorio della provincia di Reggio Emilia" edito dall'Amministrazione provinciale e redatto in base alle conoscenze stratigrafiche, lo spessore dei sedimenti e delle alluvioni quaternarie è, in Arceto, superiore a 120/140 m. La "Carta geologica d'Italia" (cf. stralcio Foglio 86 - Modena), redatta dal Servizio Geologico dello Stato ascrive i terreni in esame al "Diluvium recente tardivo" (q_{1t}) del Pleistocene sup. e li descrive "alluvioni ghiaiose con lenti argilloso-sabbiose dell'alta pianura".

Rilievi recenti, effettuati con maggior dettaglio da ricercatori dell'Istituto di Geologia dell'Università di Modena, ascrivono i materiali dell'area in esame all'Unità di Reggio Emilia (Neolitico–Età Romana) che, ad occidente, vengono a contatto con depositi del T. Tresinaro, ascrivibili alla Unità dei fondovalle (Medioevo – XX secolo) mentre ad oriente sfumano in quelli dell'Unità di Chiozza (Olocene pre-Neolitico).

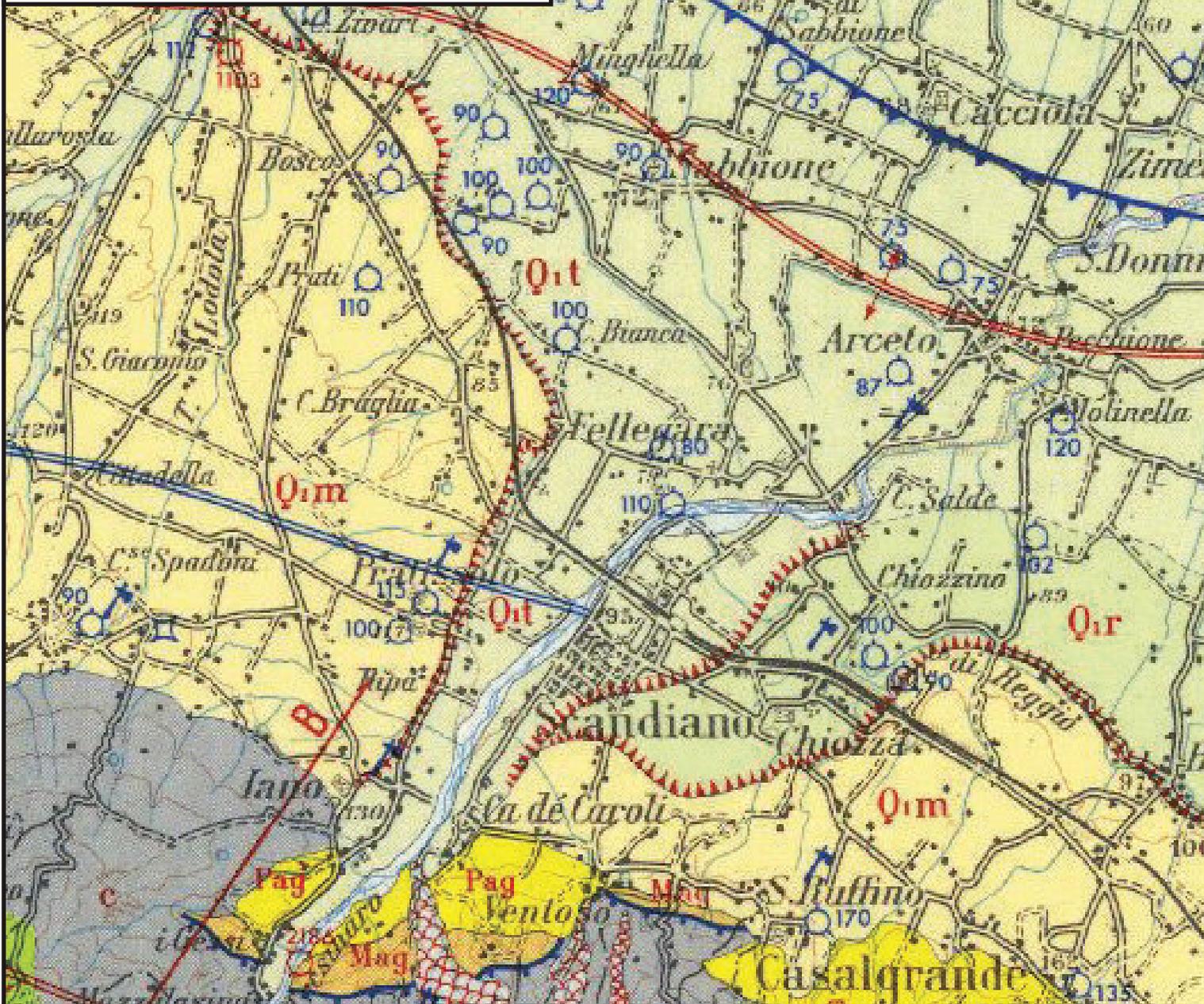
Si tratta pertanto di alluvioni relativamente recenti; quelli dell'Unità di Reggio Emilia sono descritti come "limi sabbiosi con lenti ghiaiose", quelli dovuti ad apporti del T. Tresinaro hanno verosimilmente in prevalenza ghiaie e sabbie mentre l'Unità di Chiozza si caratterizza per una prevalenza di limi.

Secondo le più recenti suddivisioni delle unità quaternarie continentali adottate sulla Carta Geologica del progetto CARG della Regione Emilia Romagna, il terreno in esame viene invece ascrivito al Subsistema di Ravenna (AES8); in riva del T. Tresinaro, questi depositi sfumano poi in quelli più recenti dell'Unità di Modena (AES8a - cf. stralcio in scala 1 : 5000).

Quest'ultimo elaborato cartografico segnala ad occidente, parallelamente all'area in esame, una traccia di paleoalveo.

CARTA GEOLOGICA D'ITALIA

Foglio n° 86 - Modena



LEGENDA

Formazioni Pleistocene continentali

Olocene

- Q1t Alluvium attuale: alluvioni ghiaiose e sabbiose non alterate, del giro dei fiumi e torrenti (Q1t). Derris di fide (1a).
- Q1m Alluvium medio-recente: alluvioni sabbiose con limi limosi, della bassa pianura; basso terrazzo ghiaioso-sabbioso, fessato e coltivato lungo i torrenti (Q1m).

Pleistocene

- Q1s Diluvium recente tardivo: alluvioni ghiaiose con limi argilloso-sabbiosi dell'alta pianura, a suolo prevalentemente bruno (livello principale della pianura) (Q1s).
- Q1r Diluvium recente: terrazzo sospeso di 8-15 m sull'alta pianura, a ghiaie e sabbie e suolo argilloso bruno (Q1r).
- Q1m Diluvium medio: alluvioni sabbiose ghiaiose, a suolo argilloso giallo-rossiccio (Q1m).
- Q1g Conglomerati con menefiti lici del Paleolitico inferiore (Clactoniano 2° secondo F. LEONARDI) sovrapposti da L. FANTINI, e sabbie miste ed intercalate, con Foraminiferi parvicolati e *Nitidulites ovatus* d'Orb. di R. ACCORDI (1961).

Pliocene

- Cgl1 Sabbie, ghiaie e conglomerati a *Fluvialia gibbosa* (d'Orbigny), *Rhithidion crispum* (Linné), *Balanites leonardi* (Linné), *Falsalimna leonardi* (Fornasini) (Cgl1).
- Pag1 Formazioni delle argille grigio-azzurre, a base di età variabile pleistocenica inferiore e *Marginalina costata* Bartsch, *Plectofundulus geminus* (Silvestri), *Uniplexis rutila* Cushman, ecc.; giocenica superiore a *Uniplexis peruviana* Cushman, *Uniplexis uniplexis* d'Orbigny, *Ammonia ovata* (Costa), *Calymene pseudogemma* (Cushman), ecc.; e calcarenite a *Balanites Junfermanni* Williamson, *Caudofoveata lanigera* d'Orbigny var. *rutilata* Silvestri, *Ammonia* (Schwartz), ecc. (Pag1).
- Mag1 Bancate conchigliare e lamellibranchi e Gasteropodi (1).

Messiniano

- M1 Formazione delle argille (Mag1) con gessi (g).

Cretaceo-Eocene

- Complesso indifferenziato e formazioni associate
- Complesso indifferenziato calcareo (argille scagliose, p.g.) formato in prevalenza da scisti argillosi grigio-verdastri o anche rossastri, talora un po' marnosi, includenti di frequente piccole masse di rocce effusive più o meno brecciate, di breccie effusive, o anche di graniti. Contiene inoltre blocchi e pechchi di gran calcare di varia natura ed età (cretaceo-eocenica e di epoca a calcareo calcareo). Il complesso, costituito originariamente da alternanze di argillosità e calcari, è presente quasi deperduto in condizioni calciche, solo sulla sinistra del Parco il marnoso appare meno disgregato, e l'aspetto calcareo sembra dipendere soprattutto da fatti gravitativi superficiali (1).
- Complesso calcareo a giacitura inaffiorante, per fessure sotterranee (salsedine) (1a).

Strati sub-orizzontali (da 0° a 5°)

Strati poco inclinati (da 5° a 25°)

Strati inclinati (da 25° a 60°)

Strati molto inclinati (oltre i 60°)

Strati sub-verticali

Strati rovesciati

Strati contorti

Asi di anticlinali

Asi di anticlinali

Faglie normali

Faglie verticali o con senso di immersione sconosciuto

Sovrascorimenti

Sovrascorimenti profondi

Località fossiliere

Terrazzi

Frane

Grotte

Inghiotti

Giacimenti preistorici

Sorgenti

Sorgenti solfuree

Pozzi per acque e loro profondità in metri

Salse

Manifestazioni di gas

Manifestazioni di petrolio

Pozzi per ricerca di idrocarburi e loro profondità in metri

Pozzi produttivi di gas e loro profondità in metri

Cave

Tracce di sezione

CARTA GEOLITOLOGICA

SCALA 1:25000

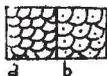
LEGENDA

DEPOSITI PLEISTOCENICI ED OLOCENICI

a) Unita' degli alvei attuali (ghiaie prevalenti) e riempimenti di valli relitte (depositi colluviali a prevalente costituzione limo-sabbiosa - Olocene)



b) depositi colluviali a prevalente costituzione limo-sabbiosa ai piedi di scarpate strutturali - Olocene.



Depositi di frana principali (Pleistocene-Olocene)
a) attiva b) quiescente



Unita' dei fondovalle (Medioevo-XX Secolo)
- ghiaie e sabbie



Unita' della piana alluvionale (Neolitico-Medioevo)
a) sabbie prevalenti
b) limi
c) argille



a) Unita' di Reggio Emilia (Neolitico-Eta' Romana)
- limi sabbiosi con lenti ghiaiose
b) Unita' di Chiozza (Olocene pre-Neolitico)
- limi prevalenti



a) Unita' di Castellarano (Pleistocene sup.)
- ghiaie e limi sabbiosi con copertura limosa
b) Unita' di Farneto (tardo Pleistocene medio)
- ghiaie e limi sabbiosi con copertura limosa

FORMAZIONI NEOAUTOCTONE



Sabbie e sabbie con ghiaie
cicli: c = quaternario marino
b = pliocenico inferiore
a = messiniano post-evaporitico



Argille e marne
cicli: messiniano evaporitico e post-evaporitico, pliocenici e quaternario marino



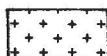
Gessi
ciclo messiniano evaporitico

FORMAZIONI ALLOCTONE E SENIALLOCTONE

Flysch calcarei e/o arenacei



Formazione di Ranzano (Oligocene inferiore)
- molasse e arenarie grossolane



Formazione di Antognola (Oligocene)
- arenarie fini e siltiti alternate a marne scure e ad argille

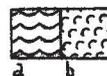


Flysch di M. Cassio (Campaniano-Maastrichtiano)
- calcari, calcari marnosi e marne alternate ad argille marnose e siltifiche



Arenarie di Scabiazza (Cenomaniano-Turoniano)
- arenarie a grana media e fine alternate a letti di argilliti, marne e siltiti; non rare sono le intercalazioni calcaree

Argille con inclusi



b) Argille varicolori (Cenomaniano-Turoniano)
a) Argille a palombini (Cretaceo inf.-Albiano) melanges

FORME ANTROPICHE



Aree antropizzate

DATI STRUTTURALI



Faglia
a) certa b) probabile e/o coperta

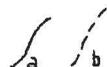


Flessura
a) certa b) probabile e/o coperta

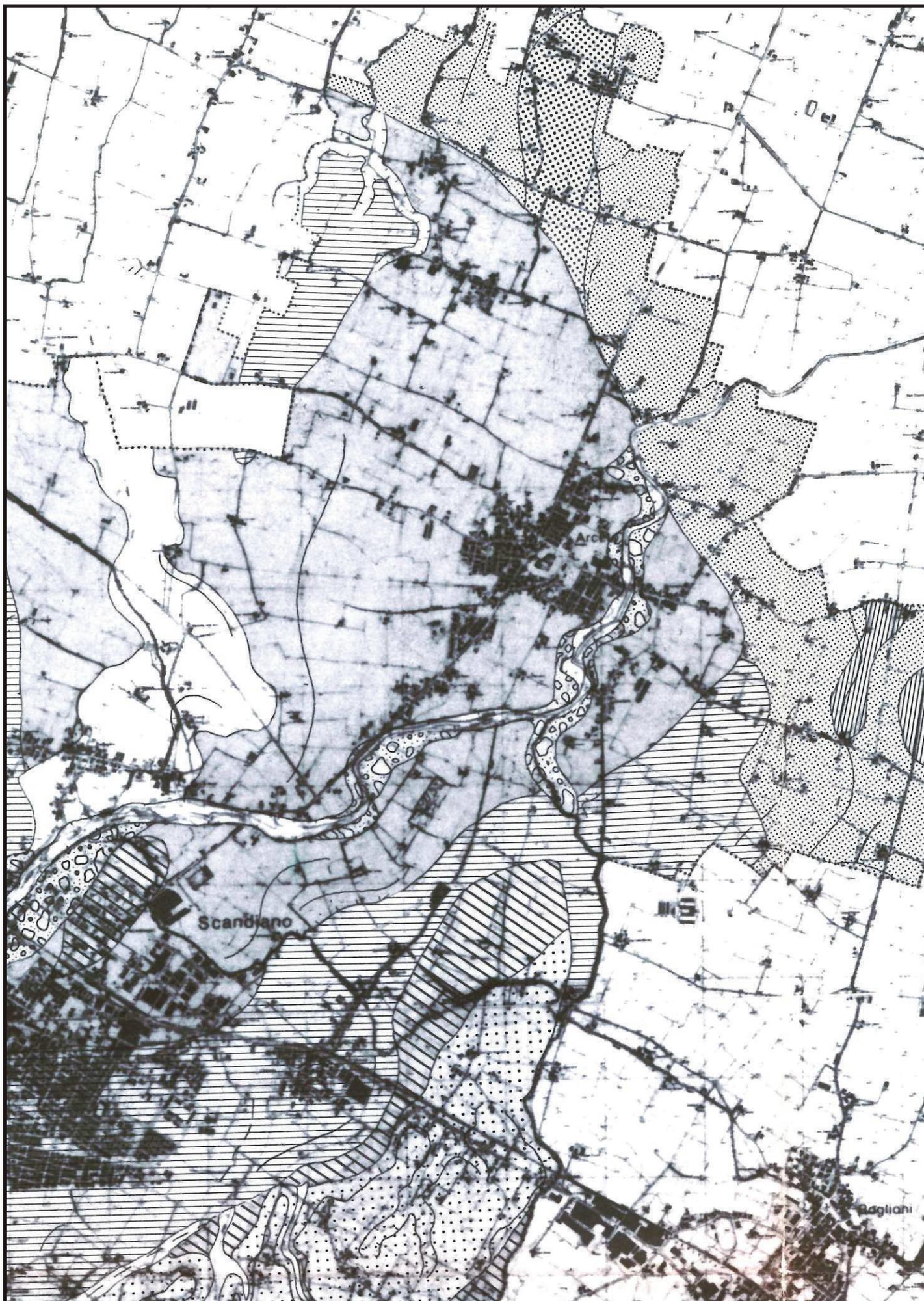
FORME FLUVIALI E/O TORRENTIZIE



Scarpate

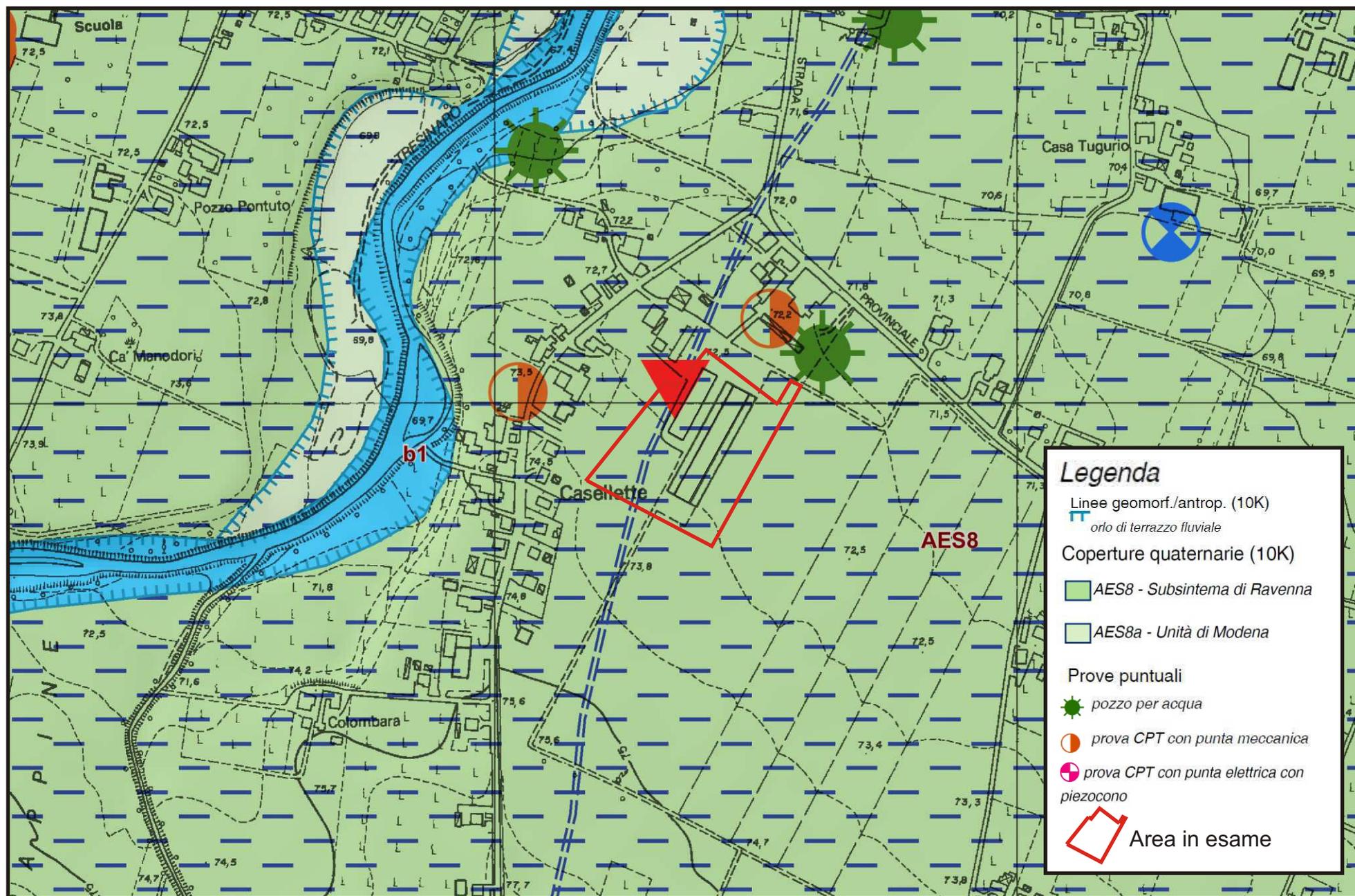


Traccia di palcosalveo a livello della pianura
a) ben conservata b) mal conservata



CARTA GEOLOGICA DEL PROGETTO CARG DELLA REGIONE EMILIA ROMAGNA

SCALA 1:5000



4. METODOLOGIA D'INDAGINE

Le caratteristiche litologiche e geomeccaniche del primo sottosuolo vengono desunte da due indagini penetrometriche realizzate, nel novembre del 2004, con penetrometro tipo GOUDA da 10 t montato sul cassone di un Defender pick-up, nell'area attigua, immediatamente a nord di quella in esame.

La prova penetrometrica statica CPT (di tipo meccanico) consiste essenzialmente nella misura della resistenza alla penetrazione di una punta meccanica di dimensioni e caratteristiche standardizzate, infissa nel terreno a velocità costante ($v = 2 \text{ cm/sec} \pm 0.5 \text{ cm/sec}$).

La penetrazione avviene attraverso un dispositivo di spinta (martinetto idraulico) opportunamente ancorato al suolo (ovvero zavorrato), che agisce su una batteria doppia di aste (aste esterne cave e aste interne piene coassiali), alla cui estremità inferiore è collegata la punta.

Lo sforzo necessario per l'infissione viene determinato a mezzo di un opportuno sistema di misura, collegato al martinetto idraulico.

La punta conica (di tipo telescopico) è dotata di un manicotto sovrastante per la misura dell'attrito laterale (punta/manicotto tipo "Begemann").

Le dimensioni della punta/manicotto sono standardizzate, e precisamente:

- diametro di base del cono $\phi = 35.7 \text{ mm}$
- area della punta conica $A_p = 10 \text{ cm}^2$
- angolo apertura del cono $\alpha = 60^\circ$
- superficie laterale del manicotto $m = 150 \text{ cm}^2$

Sulla batteria di aste esterne può essere installato un anello allargatore per diminuire l'attrito sulle aste, facilitandone l'approfondimento.

Nei diagrammi e tabelle allegate sono riportati i seguenti valori di resistenza (rilevati dalle letture di campagna, durante l'infissione dello strumento):

- $R_p (\text{Kg/cm}^2)$ = resistenza alla punta (conica)

- $RL \text{ (Kg/cm}^2\text{)} = \text{resistenza laterale (manicotto)}$

(la resistenza alla punta R_p e la resistenza laterale RL sono rilevate a intervalli regolari di 20 cm).

Oltre all'elaborazione dei valori di resistenza del sottosuolo, vengono fornite utili informazioni per il riconoscimento di massima dei terreni attraversati, in base al rapporto R_p/RL fra la resistenza alla punta e la resistenza laterale del penetrometro (Begemann 1965 - Raccomandazioni A.G.I. 1977), ovvero in base ai valori di R_p e del rapporto $FR = (RL/R_p) \%$ (esperienze di Schmertmann - 1978). Sempre con riferimento alle prove penetrometriche statiche CPT, nelle tavole allegate sono riportate indicazioni concernenti i principali parametri geotecnici (coesione non drenata C_u , angolo di attrito interno efficace ϕ' , densità relativa D_r , modulo edometrico M_o , moduli di deformazione non drenato E_u e drenato E' , peso di volume Y , ecc.).

5. CARATTERISTICHE LITOLOGICHE E PARAMETRI GEOTECNICI

Confermando, così come da bibliografia, la natura di questi terreni, le prove penetrometriche statiche hanno riscontrato una preponderanza di materiali coesivi, argille organiche ed inorganiche ed argille sabbioso limose. Oltre i 5÷7 m la natura del deposito diviene di natura prettamente alluvionale confermando pertanto l'esistenza di un paleoalveo. L'elevato grado di addensamento delle ghiaie non ha consentito la prosecuzione delle indagini oltre la profondità di 10 m.

Le indagini consentono di ricostruire, per i vari strati, le *caratteristiche litologiche* ed i *parametri geotecnici*:

PROVA PENETROMETRICA CPT2

| Strato | Descrizione | Quota iniziale [m] | Quota finale [m] | Spessore [m] | γ [kN/m ³] | γ_{sat} [kN/m ³] | ϕ' [°] | Cu [kN/m ²] | c' [kN/m ²] | Mo [kN/m ²] | E [kN/m ²] |
|--------|---|--------------------|------------------|--------------|-------------------------------|-------------------------------------|-------------|-------------------------|---------------------------|-------------------------|------------------------|
| A | Argille sabbiosa e limosa | 0,0 | 3,2 | 3,2 | 18,63 | 19,12 | 20,0 | 88,25 | 19,61 | 8825,0 | 7845,0 |
| B | Argilla organica ed inorganica consistenti | 3,2 | 5,2 | 2,0 | 18,14 | 19,12 | 18,0 | 58,83 | 9,81 | 5883,0 | 4903,0 |
| C | Sabbie limose, sabbie e ghiaie in scarsa matrice limo argillosa | 5,2 | - | - | 19,61 | 19,61 | 35,0 | 0 | 0 | 19613,0 | 14710,0 |

PROVA PENETROMETRICA CPT3

| Strato | Descrizione | Quota iniziale [m] | Quota finale [m] | Spessore [m] | γ [kN/m ³] | γ_{sat} [kN/m ³] | ϕ' [°] | Cu [kN/m ²] | c' [kN/m ²] | Mo [kN/m ²] | E [kN/m ²] |
|--------|---|--------------------|------------------|--------------|-------------------------------|-------------------------------------|-------------|-------------------------|---------------------------|-------------------------|------------------------|
| A | Argille organica ed inorganica | 0,0 | 6,6 | 6,6 | 18,14 | 19,12 | 18,0 | 78,45 | 14,71 | 7845,0 | 6864,0 |
| B | Argilla sabbiosa e limosa | 6,6 | 8,6 | 2,0 | 18,63 | 19,12 | 20,0 | 88,25 | 19,61 | 8825,0 | 7845,0 |
| C | Sabbie limose, sabbie e ghiaie in scarsa matrice limo argillosa | 8,6 | - | - | 19,61 | 19,61 | 35,0 | 0 | 0 | 19613,0 | 14710,0 |

dove:

γ = peso di volume; γ_{sat} = peso di volume saturo; C_u = coesione non drenata; c' = coesione efficace;

ϕ' = angolo di attrito; M_o = modulo edometrico; E = modulo elastico.

6. CARATTERISTICHE DELLA CONOIDE DEL T. TRESINARO E CENNI DI IDRO- GEOLOGIA

Questa zona, da un punto di vista idrogeologico, compete all'Unità dei corsi d'acqua minori. Questa Unità corrisponde al tratto di alta pianura, compreso tra le conoidi del Secchia e dell'Enza, che è percorso dai corsi d'acqua minori (Crostolo, Lodola e Tresinaro) che formano modeste conoidi, caratterizzate da sottili banchi ghiaiosi, abbastanza discontinui e talvolta passanti a letti sabbiosi, intercalati a serie prevalentemente limo-argillose. Anche attualmente infatti questi corsi d'acqua sono caratterizzati da bacini idrografici relativamente poco estesi e da portate liquide che non consentono un'ampia diffusione di materiali ghiaiosi.

L'area in oggetto, sita nella periferia di Arceto, a est dell'abitato, fa parte della conoide del T. Tresinaro. È questa una conoide abbastanza ampia che si estende verso Nord sin oltre Cacciola e che annette l'intero abitato di Arceto. Attualmente il corso d'acqua scorre a Est dell'abitato; si sa altresì che originariamente il torrente defluiva molto più a occidente. Giambatista Venturi nella "Storia di Scandiano" (Ed. G. Vincenzi e Compagno - Modena - 1822) riporta infatti che "Il Tresinaro non s'univa, come fa di presente, a Secchia presso Rubbiera, ma correndo solitario per Fellegara, Sabbione, Roncadella, Masone ecc., andava sul Carpigiano...." e "si intraprese di rimediare ai danni, che esso Torrente recava alle Ville inferiori, rivolgendolo da Fellegara ad influire in Secchia presso Rubbiera".

La deviazione, definita giustamente da Venturi "operazione insigne in que' tempi", fu attuata dal Comune di Reggio. L'Autore riporta inoltre "Sembra dunque, che il Tresinaro se n'andasse per l'alveo antico sin presso al 1300." e, dopo altre citazioni, "Sussiste anche oggidi a Fellegara, a

ponente della Botte del Canale di Secchia, un muro semisepolto, lungo intorno a mille metri, e chiamasi il muro de' Carpigiani, perché, forse lo costrussero essi attraverso del Tresinaro vecchio, ad oggetto di meglio assicurarsi, che il Torrente mai più non corresse verso le loro Campagne. Difatti bisogna dire che, anche dopo la deviazione, il Torrente in piena rompesse alcuna volta a quella banda: poiché, nel 1359, le sue acque corsero inondando sino alla Pieve di Prato”.

Quanto in precedenza riportato, non vuole unicamente essere una dissertazione di notizie tratte dalla fonte più autorevole della storia del Paese, ma altresì mettere giustamente in evidenza come, negli ultimi secoli, il T. Tresinaro abbia radicalmente modificato l'assetto del territorio.

Per quanto riguarda Arceto, si ha ragione di ritenere che, ne sono testimonianza le numerose indagini da me effettuate in occasione di precedenti studi, possano essere il frutto di apporti alluvionali relativamente recenti ascrivibili a divagamenti d'alveo del T. Tresinaro. Consultando la Carta Tecnica Regionale, si nota chiaramente che a Est di Arceto il corso d'acqua assume un andamento meandriforme, segno evidente di perdita di velocità della corrente. In questa zona, viste le caratteristiche del primo sottosuolo accertate nel corso delle numerose indagini penetrometriche effettuate, è corretto ipotizzare che il terreno sia ascrivibile a depositi alluvionali di un paleoalveo. Non è da escludere altresì, ne sono tangibile testimonianza le sabbie e ghiaie accertate dalle prove penetrometriche, che il corso d'acqua, non ancora adeguatamente incanalato nell'alveo attuale, abbia avuto la possibilità di divagare anche verso occidente.

In base ai numerosi elementi acquisiti nel corso di sondaggi effettuati per la captazione di acque sotterranee e di indagini penetrometriche statiche e dinamiche, è inoltre accertato che la parte apicale della conoide, all'altezza di Scandiano, si caratterizza per l'alta percentuale di materiali ghiaiosi. Ghiaie e sabbie si rinvennero infatti, già a -4/5 m dall'attuale piano campagna, quasi uniformemente sia nella periferia Nord di Scandiano che in quella Ovest di Fellegara.

I materiali litoidi tendono altresì ad approfondirsi in direzione di Arceto. Minore è infatti la presenza di materiale litoide man mano che ci si avvicina alla base della conoide, fatta eccezione

naturalmente per le lenti, poste anche a ridotta profondità, soprattutto in corrispondenza dei vecchi letti del torrente.

Da un punto di vista idrogeologico, la zona di Arceto, in base ai dati acquisiti con le numerose perforazioni effettuate per le ricerche d'acqua, è certamente la migliore di tutto il territorio di Scandiano. L'esame di questi dati pone in luce, da un lato il notevole sviluppo degli acquiferi, dall'altro la loro irregolarità nelle dimensioni e nei reciproci rapporti che non permettono quindi di ricostruire con facilità il loro andamento. Ciò è ascrivibile alla deposizione disordinata dei materiali operata dal T. Tresinaro, alla notevole variabilità dei litotipi, fenomeno altresì accertato con le numerose indagini penetrometriche statiche e dinamiche effettuate.

In ogni caso, sino alla profondità di 100 m, siamo in presenza di acquiferi molto produttivi che, da un punto di vista idrogeologico, sono assimilabili ad un monoacquifero con permeabilità variabile in senso laterale e verticale.

Gli orizzonti litologici sono in questa zona caratterizzati da una forte lenticolarità che può consentire una separazione tra i livelli ghiaiosi. Tale separazione può ridursi fortemente e può a volte tendere a scomparire anche per motivi antropici.

Ne consegue che i singoli livelli idrogeologici possono considerarsi tra loro comunicanti: ciò è confermato sia dall'identità e correlabilità dei livelli statici dei pozzi sia dai valori di conducibilità e temperatura degli stessi.

La Carta dell'Idrogeologia e Vulnerabilità – Tav. n° 2 del QCG del Piano Strutturale Comunale adottato nel febbraio 2009 pone l'area in esame tra le isopieze 68 m e 66 m s.l.m., da cui, in base alla quota altimetrica media di 72.5 m s.l.m., una soggiacenza della falda freatica compresa tra i 4.5 m ed i 6.5 m.

Mentre l'indagine CPT3, non avendo attraversato in profondità livelli di natura granulare di potenza significativa, non ha riscontrato presenza d'acqua, la prova CPT2, avendo invece penetrato questo deposito per uno spessore di quasi 5 m, ne ha accertato il livello alla profondità di 6 m, confermando appunto quanto segnalato dalla carta di P.S.C.

- Limiti comunali
- - - - - Traccia delle sezioni idrogeologiche
- 77.08 Punti di misura e relative quote piezometriche
- - - - - 7A Linee isopiezometriche riferite a febbraio/marzo 2007 e relative quote (m s.l.m.)
- ↔ Principali direzioni di flusso idrico sotterraneo
- Idrografia
- Canali irrigui Consorzio della Bonifica Parmigiana Moglia-Secchia
- Zone non vulnerabili da nitrati di origine agricola
- Pozzi chiusi (cementati)
- RE43-00 □ Punti di controllo qualitativo e/o piezometrico Rete monitoraggio ARPA (RE43-00 = codice identificativo)
- Pozzo di controllo campo pozzi Fellegara

PRINCIPALI SOGGETTI AD INQUINAMENTO

- 3/1 ● Pozzi pubblici di captazione a scopo idropotabile e relativo numero identificativo
- 219010P647 ● Pozzi privati (D=domestico; A=agricolo; I=industriale; Z=zootecnico; N=altro)
- Sorgenti

PREVENTORI E/O RIDUTTORI DELL'INQUINAMENTO

- Zona di rispetto dei pozzi ad uso idropotabile con criterio geometrico (raggio 200 m) - D.Lgs 152/2006
- Zona di rispetto ristretta dei pozzi ad uso idropotabile con criterio temporale (isocrona di 60 giorni)
- Zona di rispetto allargata dei pozzi ad uso idropotabile con criterio temporale (isocrona di 365 giorni)
- Impianto di depurazione
- Isola ecologica

POTENZIALI INGESTORI E VIACOLI DI INQUINAMENTO DEI CORPI IDRICI SOTTERRANEI

- Ambito di cava cessata non recuperata

PRODUTTORI REALI E POTENZIALI DI INQUINAMENTO DEI CORPI IDRICI SOTTERRANEI

- Principali dorsali della rete fognaria comunale -acque nere e miste
- - - - - Trattati di rete incerta
- Principali dorsali della rete fognaria comunale - acque bianche
- Trattati di rete fognaria AGAC
- Scaricatori di piena
- Punto di sfioro degli scaricatori di piena
- Cimitero
- Ospedale
- Strada di intenso traffico
- Ferrovia

- S ● Allevamento di suini I = meno di 50 capi II = 50-200 capi III = 200-500 capi IV = 500-2000 capi V = 2000-5000 capi
- B ● Allevamento di bovini

Tipologia di attività produttiva

| | |
|---|--|
| ● | Autofficina, concessionaria, elettrauto, gommista |
| ■ | Falegnameria, trattamento del legno, produzione e restauro mobili, tappezziere |
| ● | Carpenteria, torneria, metallurgia, officina meccanica, lavorazione alluminio elettromeccanica, lattoniere |
| ● | Fonderia, raffineria metalli |
| ● | Stoccaggio e commercio di combustibili, gpl, gas in bombole - deposito carburanti |
| ■ | Autotrasporti, rimessaggi, deposito automezzi |
| ● | Autodemolizioni, rottamazione, depositi ferrosi |
| M | Lavorazione carni, macello, salumificio, lavorazione latte e caseifici |
| ■ | Laboratori fotografici, fotoincisione |
| ● | Azienda zootecnica, allevamento bestiame da latte e da macello |
| ● | Azienda agricola, coltivazioni cerealicole e della vite |
| ● | Tipografia, tipolitografia, arti grafiche |
| ● | Lavanderia a secco |
| ● | Florovivaista, produzione terricci e concimi vari |
| ○ | Impianto di commercio gas metano per autotrazione ed uso industriale |
| ● | Industria elettronica, componenti elettronici e circuiti stampati |
| ● | Industria elettrica ed elettrotecnica, automatismi |
| ■ | Produzione e lavorazione di cellulosa, carta e cartone, cartotecnica |
| ■ | Produzione di cemento, calce, gesso e relativi manufatti, lavorazione di sostanze minerali/lapidee |
| ■ | Produzione e lavorazione vetro |
| ■ | Recupero e riciclaggio materiali non ferrosi |
| ■ | Produzione e lavorazione ceramica, piastrelle |
| ■ | Lavorazione uva, produzione vini e bevande alcoliche |
| ● | Distributore di carburante e/o autolavaggio |
| ● | Verniciatura (carrozzerie e verniciature artigianali) |
| ■ | Stampaggio e lavorazione materie plastiche, lavorazione resine |
| ■ | Consorzio agrario, vendita concimi, antiparassitari, mangimi e prodotti per l'agricoltura |

| Grado di vulnerabilità | Caratteristiche di litofacies | | Caratteristiche degli acquiferi | | |
|--|-------------------------------|--|---------------------------------|--|---|
| | EE | E | A | M | B |
| DEPOSITI ALLUVIONALI | ■■■■■ | DEPOSITI QUATERNARI CONTINENTALI | | CONTINENTALI | |
| | | - Fondovalle del T. Tresinaro : ghiaie a supporto clastico o al limite tra supporto clastico e di matrice; matrice da sabbiosa a sabbioso-limoso | | Acquifero di tipo libero connesso al subalveo del corso d'acqua. | |
| | | - piana alluvionale recente del Tresinaro: ghiaie a matrice limoso sabbiosa con copertura di limi e limi sabbiosi (1-2 m) | | Acquifero da semiconfinato a confinato | |
| | | Principali paleovalle (T. Tresinaro e paleovalle all'altezza di Pratisololo): ghiaie in matrice sabbiosa con suoli a bassissimo grado di alterazione; | | Acquifero da libero a semiconfinato Soggiacenza <10 m Soggiacenza <5 m | |
| DEPOSITI DI CONOIDE ALLUVIONALE | ■■■■■ | piana alluvionale recente del T. Tresinaro: limi con ghiaie subordinate ed irregolarmente distribuite fino a profondità di 5-6 m | | Acquifero da libero a semiconfinato Soggiacenza <10 m | |
| | | conoide a trasporto in massa del Rio Belloni, del T. Tresinaro (sinistra idrografica) e relativi tributari: ghiaie massive ad assetto caotico (depositi di canale) passanti ad argille limose con lenti ghiaiose (depositi di intercanale). Copertura di limi argilloso-sabbiosi (1 m) | | Acquifero da libero a confinato Soggiacenza <10 m | |
| | | conoide distale del T. Tresinaro, piana alluvionale e palustre: sabbie fini, limi sabbiosi ed argille | | Acquifero di tipo confinato Soggiacenza tra 5 e 10 m | |
| | | - conoide antico del T. Tresinaro (terrazzi in sponda sinistra), interconoide (Colombara-Torricella): ghiaie profondamente pedogenizzate con profilo di alterazione > 5m. Copertura loessica > 2 m | | Acquifero di tipo confinato Soggiacenza >10 m | |
| DEPOSITI QUATERNARI TRANSIZIONALI E MARINI | ■■■■■ | - interconoide (terrazzo dell'Unità di Vignola): limi e limi argillosi fino a oltre 4 m di profondità | | Acquifero di tipo confinato Soggiacenza tra 10 e 15 m | |
| | | conoide a sedimentazione fine del Rio Riazzone (terrazzo di San Raffino) : ghiaie alterate al limite tra supporto clastico e di matrice, passanti a limi argilloso-sabbiosi. Copertura ad argille limose massive (2 m). | | Acquifero da libero a confinato | |
| SUBSTRATI ROCCEOSI | ■■■■■ | sabbie medie e fini con rare intercalazioni di ghiaia; argille siliose e debolmente marnose grigio-azzurre; banchi di gesso selentico e marni contenenti blocchi di gesso detritico | | Assenza di circolazione idrica | |
| | | successioni arenaceo-pelliche, torbiditi calcareo-marnose di mare profondo | | Assenza di circolazione idrica | |

EE:estremamente elevato E:elevato A:alto M:medio B:basso BB:molto basso



Provincia di Reggio Emilia
Comune di Scandiano

QC G
Quadro
Conoscitivo
Geologico,
Idrogeologico
e Sismico

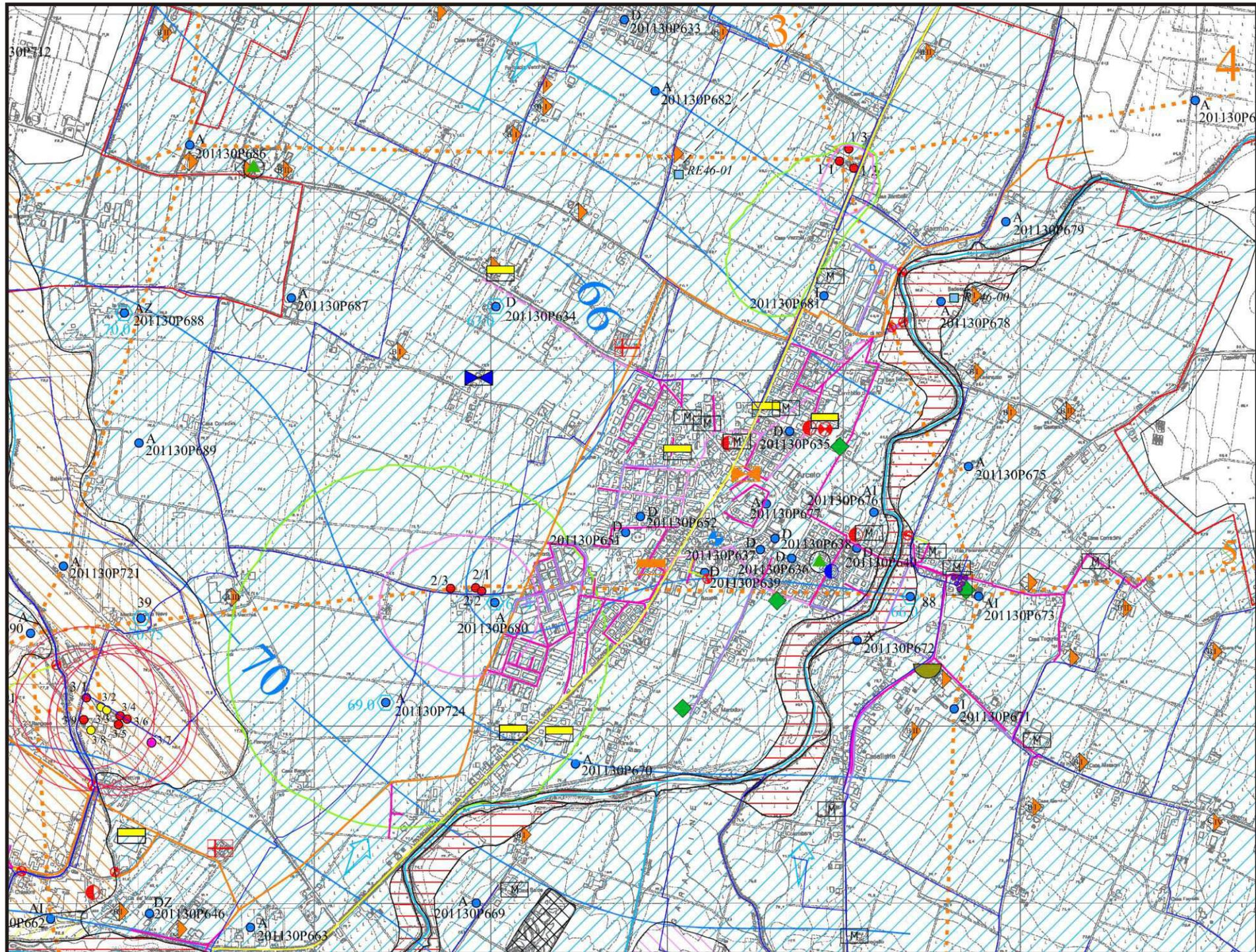
Piano
Strutturale
Comunale

QC G
2

Quadro conoscitivo DiAP
direttore DIAP Patrizia Gabellini
responsabile scientifico Piergiorgio Vitillo
gruppo di ricerca Paolo Caluzzi Piergiorgio Vitillo Elena Solero
laboratorio labURB Matteo Doni Giuseppe Fiorillo Elisabetta Troglio
Documento Preliminare Federico Oliva
Quadro Conoscitivo Ambientale, ValSAT/VAS, Piano di Classificazione Acustica Ambiter S.r.l. QCA a cura di Giorgio Neri Davide Gerevini Claudia Giardinà Lisa Nevano Lorenza Costa Piano di Classificazione Acustica Marco Rogna

Aspetti Geologici e Idrogeologici Studio Idrogeotecnico associato Efrem Ghezzi Pietro Breviglieri Silvia Besana
Amministrazione comunale Sindaco Angelo Giovannetti
Assessore all'urbanistica Paolo Piccinini
Settore uso e assetto del territorio Milly Ghidini
Servizio territorio urbanistica e ambiente Elisabetta Mattioli
Progettista

IDROGEOLOGIA E VULNERABILITA'
consegna febbraio 2009
adozione
approvazione



Pur essendo giustificata una variazione stagionale che comporti un abbassamento durante le stagioni secche e di contro una seppur contenuta risalita nei periodi più piovosi, si ha tuttavia ragione di ritenere che nel territorio la falda sia conservativa nel tempo.

7. RISCHIO IDRAULICO

Ponendosi l'obiettivo di ridurre i rischi di conseguenze negative derivanti dalle alluvioni soprattutto per la vita e la salute umana, l'ambiente, il patrimonio culturale, l'attività economica e le infrastrutture, la Regione Emilia-Romagna ha predisposto un "Piano di gestione del rischio di alluvioni".

Redatto in conformità con quanto previsto lo studio ha privilegiato un approccio di pianificazione a lungo termine, scandito in tre tappe successive e tra loro concatenate:

- fase 1: una valutazione preliminare del rischio di alluvioni (entro il 22 settembre 2011);
- fase 2: elaborazione di mappe della pericolosità e del rischio di alluvione (entro il 22 dicembre 2013);
- fase 3: predisposizione ed attuazione di piani di gestione del rischio di alluvioni (entro il 22 dicembre 2015).

Secondo le direttive del Piano, adottato il 17 dicembre 2015 ed approvato il 3 marzo 2016 dai Comitati Istituzionali delle Autorità di Bacino Nazionali, tutto il territorio della Regione Emilia-Romagna è stato interessato da tre nuovi Piani: il PGRA del distretto padano, il distretto dell'Appennino Settentrionale e quello dell'Appennino Centrale.

Secondo le direttive dell'art. 6 dalla Direttiva Europea 2007/60/CE e dell'art. 6 del D.Lgs. 49/2010, sono state restituite specifiche mappe della pericolosità e degli elementi potenzialmente esposti differenziandole rispetto agli ambiti territoriali in cui viene restituita una distinzione fra un "reticolo naturale principale e secondario" ed un "reticolo secondario di pianura" (cf. stralci in allegato).

Nella fattispecie, sono state analizzate le tavole 201SO – Rubiera che, nel caso del “reticolo naturale principale e secondario”, più diffusamente in Arceto, ad esclusione della fascia prossima all'alveo del T. Tresinaro, non individuano elementi di pericolosità e di rischio.

Per quanto concerne la Mappa di Pericolosità, occorre tuttavia tenere presente che man mano ci si avvicina al greto del T. Tresinaro, in carta vengono individuate in progressione fasce di tutela contrassegnate con le sigle P1-L, P2-M e P3-H che in successione distinguono aree con “scarsa probabilità di alluvioni o scenari di eventi estremi” da altre con media probabilità e quindi con “alluvioni poco frequenti e tempo di ritorno di 100-200 anni” mentre in alveo verosimilmente vi è un'elevata probabilità di “alluvioni frequenti con tempi di ritorno fra 20 e 50 anni”.

Anche la Mappa di Rischio individua scenari che, ad occidente dell'area in esame, individuano aree di rischio medio (R2) che, nella zona prossima all'alveo, divengono elevati (R3), per essere però moderati o nulli (R1) nell'alveo stesso.

Per quanto concerne invece l'ambito territoriale in cui viene analizzato il “reticolo secondario di pianura”, rispetto alla mappa di pericolosità si evince che l'area in esame può essere interessata da alluvioni poco frequenti con una media probabilità nel tempo di ritorno tra i 100 ed i 200 anni (scenario di pericolosità P2 – M) mentre per quanto riguarda la mappa del rischio essa rientra in una classe di rischio medio R2.

Nel rispetto di quanto individuato in mappa, ci si dovrà pertanto attenere alle disposizioni specifiche riportate al punto 5.2 della normativa secondo le quali si dovrà garantire, anche a tutela della vita umana, misure di riduzione della vulnerabilità dei beni e delle strutture nonché, nel rispetto dell'invarianza idraulica, interventi finalizzati a salvaguardare la capacità ricettiva del sistema idrico e che siano atti a contribuire alla difesa idraulica del territorio.

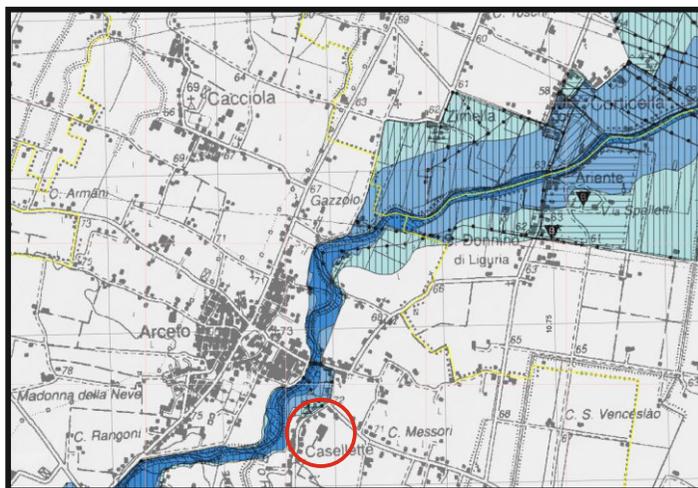
Si fa pertanto qui presente che quanto in progetto, in sede di rilascio del titolo edilizio, dovrà fornire i possibili accorgimenti necessari per mitigare il rischio e garantire la compatibilità degli interventi con le condizioni di pericolosità.

**Direttiva Europea 2007/60/CE relativa alla
 valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni**
Mappa della pericolosità e degli elementi potenzialmente esposti
 (art. 6 della Direttiva 2007/60/CE e art. 6 del D.Lgs. 49/2010)

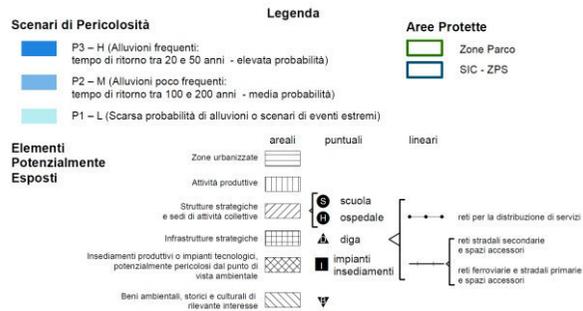
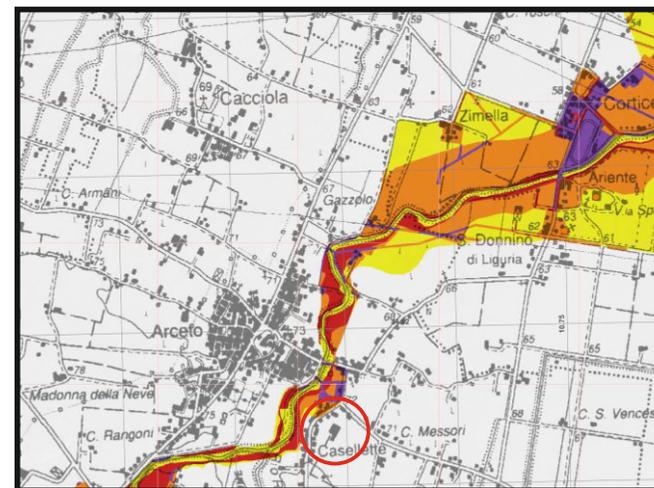
Ambito territoriale: Reticolo naturale principale e secondario
 Dati consegnati nella seduta del Comitato Istituzionale dell'Autorità
 di Bacino del Fiume Po del 23/12/2013 (distretto padano)

201SO - RUBIERA

MAPPA PERICOLOSITÀ



MAPPA RISCHIO



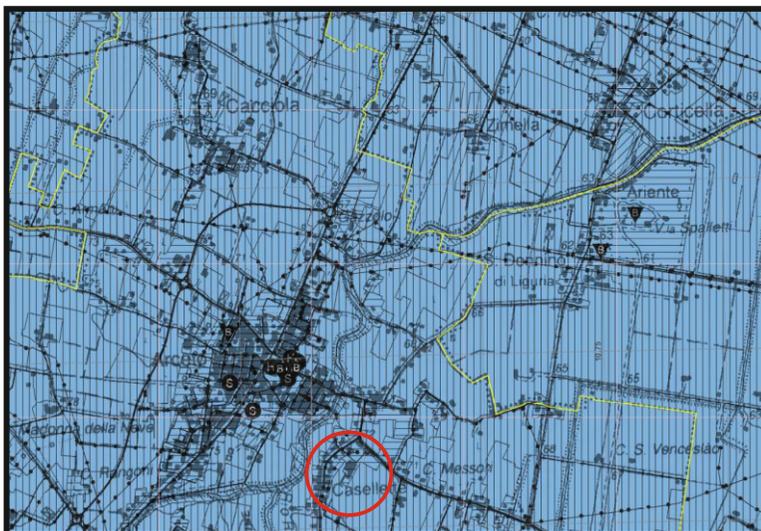
Direttiva Europea 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni
Mappa della pericolosità e degli elementi potenzialmente esposti
(art. 6 della Direttiva 2007/60/CE e art. 6 del D.Lgs. 49/2010)

Ambito territoriale: Reticolo Secondario di Pianura

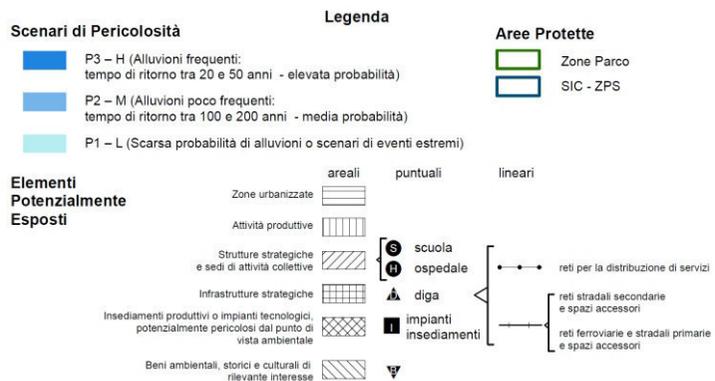
Dati consegnati nella seduta del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del Fiume Po del 23/12/2013 (distretto padano)

201SO - RUBIERA

MAPPA PERICOLOSITÀ



MAPPA RISCHIO



In tal senso, si ritiene opportuno qui di seguito riportare quanto puntualizzato in normativa e che dovrà essere verificato dall'Amministrazione Comunale competente:

a. Misure per ridurre il danneggiamento dei beni e delle strutture:

a.1. la quota minima del primo piano utile degli edifici deve essere all'altezza sufficiente a ridurre la vulnerabilità del bene esposto ed adeguata al livello di pericolosità ed esposizione;

a.2. é da evitare la realizzazione di piani interrati o seminterrati, non dotati di sistemi di autoprotezione, quali ad esempio:

- le pareti perimetrali e il solaio di base siano realizzati a tenuta d'acqua;

- vengano previste scale/rampe interne di collegamento tra il piano dell'edificio potenzialmente allagabile e gli altri piani;

- gli impianti elettrici siano realizzati con accorgimenti tali da assicurare la continuità del funzionamento dell'impianto anche in caso di allagamento;

- le aperture siano a tenuta stagna e/o provviste di protezioni idonee;

- le rampe di accesso siano provviste di particolari accorgimenti tecnico-costruttivi (dossi, sistemi di paratie, etc);

- siano previsti sistemi di sollevamento delle acque da ubicarsi in condizioni di sicurezza idraulica.

Si precisa che in tali locali sono consentiti unicamente usi accessori alla funzione principale.

a.3. favorire il deflusso/assorbimento delle acque di esondazione, evitando interventi che ne comportino l'accumulo ovvero che comportino l'aggravio delle condizioni di pericolosità/rischio per le aree circostanti.

La documentazione tecnica di supporto alla procedura abilitativa deve comprendere una valutazione che consenta di definire gli accorgimenti da assumere per rendere l'intervento compatibile con le criticità idrauliche rilevate, in base al tipo di pericolosità e al livello di esposizione.

Tutto ciò premesso, vista la morfologia dei luoghi, in relazione alle accertate caratteristiche geomeccaniche dei terreni ed all'idrogeologia del territorio, si può sintetizzare quanto segue:

- 1 - per l'area esaminata dovrà essere tenuta almeno alla medesima quota di quelle limitrofe esistenti, ad occidente già edificate, più alte rispetto a quella dell'originale piano campagna e di per se stesse quindi meno esposte ad eventuali eventi che possano comportare un allagamento;
- 2 - così operando, le strutture in elevazione, in relazione anche al corretto utilizzo di idonee malte cementizie, saranno ancor più tutelate dalla risalita dell'acqua di falda per via capillare.
- 3 - in tal senso, come sottolineato in idrogeologia, avendo riscontrato in sito una profondità di falda di 6 m, conforme con quella di P.S.C., anche nell'ipotesi di un eventuale interrato, una sua contenuta risalita in concomitanza di stagioni più piovose la può considerare tale da non poter interferire con il piano d'appoggio delle fondazioni;
- 4 - per non contribuire ad incrementare i cedimenti attesi, si dovrà però aver cura di raccogliere ed allontanare, in direzione della rete fognaria principale, tutte le acque di scarico mediante l'utilizzo di condutture e raccordi a perfetta tenuta.
- 5 - in relazione a quanto riportato dal punto a.3, per favorire il rapido deflusso delle acque di esondazione, si dovrà infine aver cura di verificare la costante efficienza della rete scolante che convoglia le acque nel collettore principale.

In tal senso, a partire dai dati caratteristici dell'intervento nella ipotesi ad oggi presentata, in termini di superfici occupate e percentuali di impermeabilizzazione, si è pervenuti alla stima delle portate meteoriche generate dall'area in relazione ad un evento pluviometrico avente tempo di ritorno assegnato. Poiché risulta difficile classificare le diverse realtà urbane secondo le varie tipologie proposte in letteratura, più recentemente, al fine della stima del coefficiente di deflusso, sono state proposte delle relazioni che legano tale coefficiente unicamente all'aliquota IM di aree impermeabili del bacino effettivamente connesse alla rete di drenaggio. Recentemente il gruppo "Deflussi Urbani" elaborando i molti dati sperimentali ormai disponibili in bibliografia è pervenuto a suggerire la formula seguente per il calcolo del coefficiente di deflusso di un bacino:

$$\varphi = \varphi_{PERM}(1 - I_M) + \varphi_{IMP}I_M$$

i cui valori dei contributi φ_{PERM} e φ_{IMP} , rispettivamente coefficienti di deflusso delle aree permeabili ed impermeabili, sono da assumersi variabili con tempo di ritorno di progetto secondo quanto di seguito riportato:

| T (anni) | φ_{PERM} | φ_{IMP} |
|----------|------------------|-----------------|
| <2 | 0.00 – 0.15 | 0.60 – 0.75 |
| 2 - 10 | 0.10 – 0.25 | 0.65 – 0.80 |
| >10 | 0.15 – 0.30 | 0.70 – 0.90 |

La determinazione, infine, dell'aliquota I_M , che rappresenta la percentuale di area impermeabile rispetto a quella totale o fondiaria, è stata calcolata sulla base delle diverse tipologie di superfici e destinazione d'uso. Per quanto attiene nello specifico per il comparto in esame, al solito, la quota parte dell'area adibita a strade, piazzali e parcheggi asfaltati (così come le superfici delle coperture), è computata impermeabile al 95%. Ciò che ne deriva è:

$$I_M = 0.466 \text{ da cui } \varphi = 0.506$$

Il calcolo della portata critica di progetto e di verifica viene condotto con la formula razionale classica:

$$Q_{cr} = S \cdot u = S \cdot \varphi \cdot i_{cr}(t_{cr}; T) \cdot \varepsilon$$

u : coeff. Udometrico i : intensità critica di pioggia ε : modulo di metodo

- Il ragguglio all'area non viene effettuato viste le dimensioni dell'area considerata;
- Vista la mancanza di dati pluviometrici e di ietogrammi relativi a questa zona a maggior ragione per durate critiche dell'ordine dei 5÷10 min, si considera, a favore di sicurezza, un evento di pioggia critico di tipo costante.

Come spesso accade, la stima della Q_{cr} con un modello afflussi/deflussi di corrivazione ($\varepsilon = 1$) fornisce valori maggiori che col modello a/d dell'invaso lineare ($\varepsilon = 1 - e^{-t_{cr}/K}$) ragion per cui, valore della portata scolante verrà espresso con Q_{cr} calcolato col metodo cinematico.

La stima delle portate meteoriche generate dal comparto è stata effettuata con riferimento alla linea segnalatrice di possibilità pluviometrica, associata a tempo di ritorno pari a 5 anni con durate di precipitazione inferiori all'ora (ciò dal momento che il tempo di corrivazione dell'area è certamente inferiore all'ora), valida per il Comune di Scandiano; nella fattispecie sono stati adottati i coefficienti:

| <i>T</i> (anni) | <i>a</i> (mm/hⁿ) | <i>n</i> (-) |
|----------------------------------|--|-------------------------------|
| 5 | 30.0 | 0.670 |

Come detto in precedenza, data la modesta estensione dell'area in oggetto i coefficienti adottati, relativi a valori estremi puntuali di precipitazione, non sono stati corretti mediante formule di ragguglio all'area, pertanto l'espressione della linea segnalatrice considerata è:

$$h = a \cdot d^n$$

dove:

h = altezza critica di pioggia;

d = durata critica di pioggia assunta per ciascun comparto pari al tempo di corrivazione del medesimo.

La stima della portata di progetto Q_{design} avviene tramite la definizione della durata critica della rete, ossia:

$$t_{cr} = t_e + t_r$$

con:

t_e : tempo di ingresso in rete; preso pari a 5min per tipo bacino di centri urbani intensivi e semintensivi con tetti collegati direttamente alle canalizzazioni e con frequenti caditoie stradali e tempo di ritorno di circa 5÷10 anni;

t_r : tempo di transito in rete a monte in condizioni di massimo riempimento; proveniente da calcolo iterativo di tentativo per i diversi diametri adottati. Esso è calcolabile come somma dei tempi di percorrenza d'ogni singola canalizzazione seguendo il percorso più lungo della rete fognaria in progetto.

Qualora si determini il valore di portata in ingresso alla testa del collettore dal comparto e/o dalla porzione di strada servita, si annullerà di fatto il valore del tempo di rete.

Vista la spiccata caratteristica urbana della zona studio si applica la correzione proposta da Becciu (CSDU di Milano, '97):

$$t_{cr} = t_e + \frac{t_r}{1.5}$$

Non vigendo statisticamente la contemporaneità dell'evento di pioggia intensa sul bacino trattato ma trattandosi tuttavia di un sistema idraulico monodimensionale, si può assumere t_r del tronco a valle come somma esplicita dei t_r precedenti senza nessuna traslazione temporale. L'intensità di pioggia corrispondente ad una durata di precipitazione sarà:

$$i_{cr}(t_{cr}; T) = \frac{h}{t_{cr}} = \frac{a \cdot t_r^n}{t_{cr}} = a \cdot t_{cr}^{n-1}$$

con a ed n parametri della curva di possibilità pluviometrica;

L'evento critico, che a parità di tempo di ritorno definisce il valore massimo di portata, è caratterizzato da durata pari al tempo di corrivazione del bacino. Con riferimento allo schema planimetrico di progetto si deriva, in funzione del valore del coeff. di deflusso, la portata meteorica associata ad un tempo di ritorno di 5 anni, valevole per il comparto in oggetto allo stato di progetto e sotto le ipotesi precedentemente esposte, ossia:

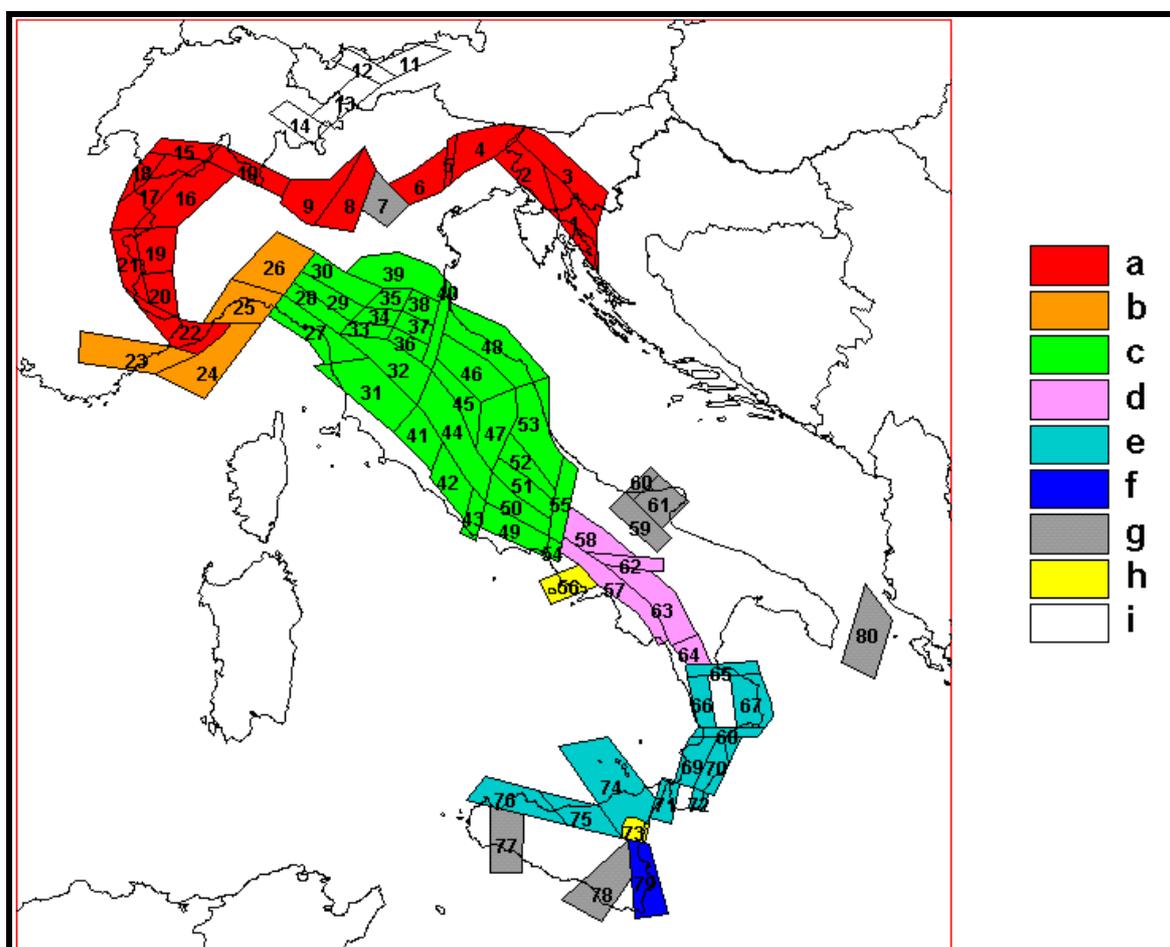
$$Q_{cr} = 15700 \cdot 0,506 \cdot (0,08333 + 200/1,5/3600)^{0,67-1} \cdot 30/3600 \cdot 1 = 127,7 \text{ l/s}$$

Suddetta portata dovrà poi essere tenuta in considerazione per il calcolo delle strutture destinate alla laminazione delle portate meteoriche in uscita dal comparto.

8. SISMICITÀ DELL'AREA

Per caratterizzare la sismicità dell'area si è fatto riferimento, oltre che alla normativa vigente, ai dati disponibili in letteratura ed in particolare ai lavori svolti dal GNDT del CNR (Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti).

Si è presa in considerazione la zonazione sismogenetica del territorio italiano ZS4 (progetto di P. Scandone e M. Stucchi – marzo 1999 – cf. tav. seg.) che considera 80 sorgenti omogenee dal punto di vista strutturale e sismogenetico. Secondo questa suddivisione l'area oggetto di studio ricade nell'area 30, appartenente alla fascia padano-adriatica in compressione legata allo sprofondamento passivo della litosfera adriatica sotto il sistema di catena nell'Arco Appenninico Settentrionale secondo cui i meccanismi di rottura attesi sono di tipo thrust e strike-slip con assi di subduzione da SW a NE.



Attraverso elaborazioni probabilistiche il GNDT ha prodotto, per un tempo di ritorno di 475 anni (equivalente alla probabilità di superamento nell'arco temporale di 50 anni – vita media di un edificio), la zonazione del territorio italiano, come riportato in figura. Per la zona le accelerazioni orizzontali di picco attese sono state considerate, in accordo con quanto proposto dal GNDT, pari a $PGA = 0.15g$ (Peak Ground Acceleration).

L'intensità massima risentita nella zona, come risulta dai dati del catalogo del Servizio Sismico Nazionale, non ha superato in epoca storica il valore del VII grado MCS (cf. tabelle qui di seguito allegate).

Storia sismica di Scandiano (RE)

[44.597, 10.690]

Osservazioni disponibili: 22

| Effetti | In occasione del terremoto: | | | | | | | | | |
|---------|-----------------------------|------|----|----|----|----|----|--------------|------|------|
| | Is | Anno | Me | Gi | Or | Mi | Se | AE | Io | Mw |
| 6-7 | 1832 | 03 | 13 | 03 | 30 | | | Reggiano | 7-8 | 5.59 |
| 6-7 | 1873 | 05 | 16 | 19 | 35 | | | REGGIANO | 6-7 | 5.13 |
| 6 | 1885 | 02 | 26 | 20 | 48 | | | SCANDIANO | 6 | 5.22 |
| 6 | 1983 | 11 | 09 | 16 | 29 | 52 | | Parmense | 6-7 | 5.10 |
| 5-6 | 1923 | 06 | 28 | 15 | 12 | | | FORMIGINE | 6 | 5.21 |
| 5-6 | 1996 | 10 | 15 | 09 | 55 | 60 | | CORREGGIO | 7 | 5.44 |
| 5 | 1909 | 01 | 13 | 45 | | | | BASSA PADANA | 6-7 | 5.53 |
| 5 | 1914 | 10 | 27 | 09 | 22 | | | GARFAGNANA | 7 | 5.79 |
| 5 | 1920 | 09 | 07 | 05 | 55 | 40 | | Garfagnana | 9-10 | 6.48 |
| 5 | 1987 | 05 | 02 | 20 | 43 | 53 | | REGGIANO | 6 | 5.05 |

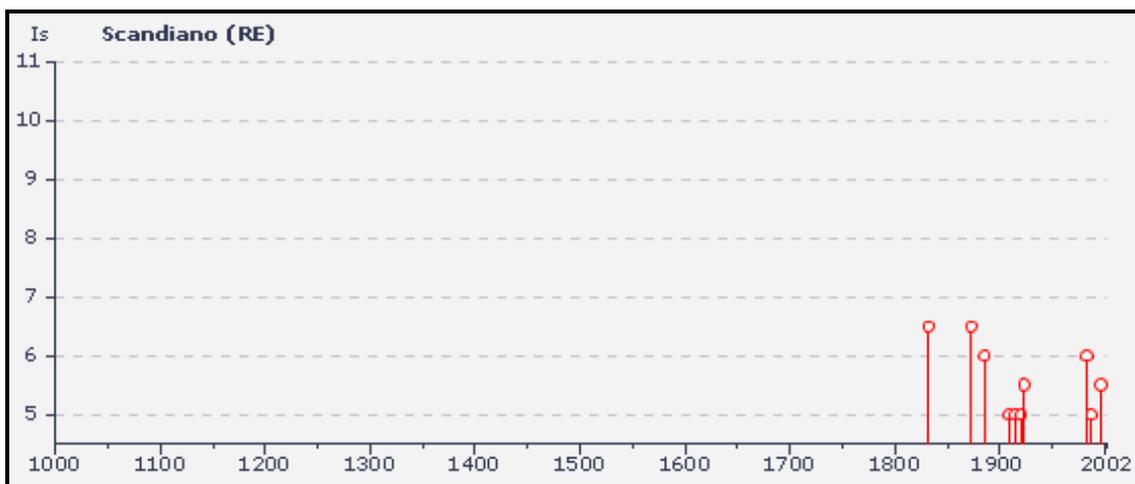
| | | | | |
|-----|---------------------|---------------------|-----|------|
| 3 | 1887 02 23 05 21 50 | Liguria occidentale | 9 | 6.29 |
| 3 | 1957 08 27 11 54 | ZOCCA | 6 | 5.06 |
| 3 | 1980 11 23 18 34 52 | Irpinia-Basilicata | 10 | 6.89 |
| 2-3 | 1939 10 15 14 05 | GARFAGNANA | 6-7 | 5.20 |
| NF | 1899 06 26 23 17 22 | Valle del Bisenzio | 7 | 5.09 |
| NF | 1904 11 17 05 02 | PISTOIESE | 7 | 5.18 |
| NF | 1909 08 25 22 | MURLO | 7-8 | 5.40 |
| NF | 1984 04 29 05 02 59 | GUBBIO/VALFABBRICA | 7 | 5.68 |
| NF | 1986 12 06 17 07 19 | BONDENO | 6 | 4.56 |
| NF | 1995 10 10 06 54 22 | LUNIGIANA | 7 | 5.04 |
| NR | 1522 10 05 08 | CREMONA | 5-6 | 4.63 |
| NR | 1547 02 10 13 20 | Reggio Emilia | 7 | 5.21 |

Intendendo:

Is = Intensità al sito (MCS)

Io = Intensità epicentrale (MCS)

Mw = Magnitudo



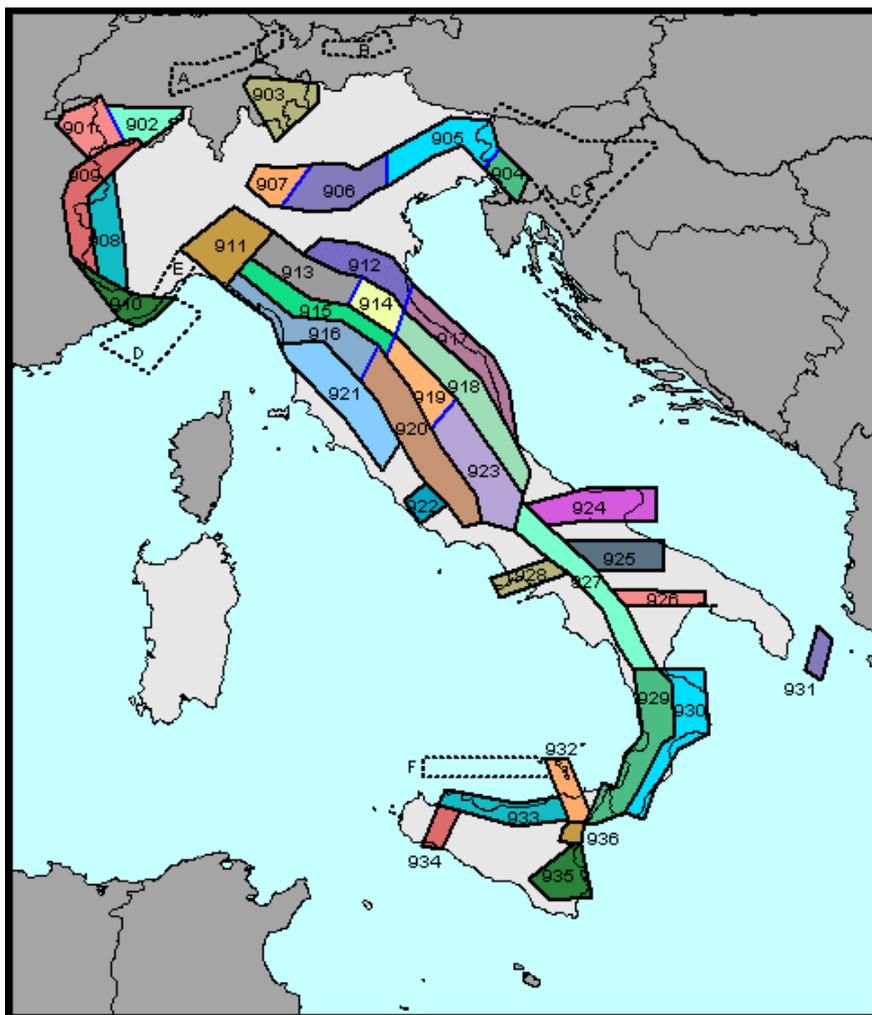
La sovrastante rappresentazione evidenzia, molto semplicemente, gli eventi della precedente tabella nel rapporto tra anni (in ascisse) ed intensità sismica (in ordinate).

L'Ordinanza P.C.M. n° 3274 del 20 marzo 2003 ha aggiornato la normativa sismica, con l'attribuzione, alle diverse località del territorio nazionale, di un valore di scuotimento sismico di riferimento, espresso in termini di incremento di accelerazione al suolo.

Il territorio del comune di Scandiano, secondo la nuova zonazione sismogenetica ZS9 (progetto a cura di C. Meletti e G. Valensise del marzo 2004) è incluso nella zona 913, al passaggio, verso settentrione, con la zona 912 (cf. tavola nella pagina seguente). In base a questa nuova zonazione, il territorio in esame (secondo la precedente classificazione *non classificato*), è stato inserito in zona Z3 a bassa sismicità.

Come espressamente specificato al punto 2.4 della circolare n° 1677/2005 (prot. GEO/05/87449) emanata in data 24/10/2005 dalla Giunta della Regione Emilia Romagna, ai fini della determinazione delle azioni sismiche, può essere assegnato, a zone come questa di bassa sismicità, un valore (a_g/g), di ancoraggio dello spettro di risposta elastico, pari a 0.15.

Più precisamente, al comune di Scandiano, l'allegato 4 dell'Assemblea Legislativa n° 2131 – prot. n° 8511 del 2 maggio 2007, assegna il valore di accelerazione massima orizzontale di picco al suolo, cioè $T = 0$, espressa in frazione dell'accelerazione di gravità g (a_{refg}), di 0.162.



Zonazione sismogenetica ZS9

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, le modifiche ed integrazioni dell'Ordinanza propongono una caratterizzazione geofisica e geotecnica del profilo stratigrafico del suolo. Secondo il D.M. 17/1/2018 "Aggiornamento delle Norme Tecniche delle Costruzioni", in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori delle velocità equivalenti di propagazione delle onde di taglio, mediate sui primi 30 metri di terreno (V_{S30}), vengono individuate cinque categorie (A – B – C – D – E).

In ottemperanza con quanto prescritto dalla normativa è stato preso in considerazione un sondaggio sismico tipo Re.Mi. effettuato nell'aprile 2007 nel lotto limitrofo ad occidente dal Dott. Geol. Ildo Facchini.

Nella fattispecie, il sondaggio ha accertato la presenza di dodici strati e ad ognuno di essi, mediante l'ausilio dell'apposito programma di calcolo, è stata attribuita la velocità delle onde di taglio S (V_s) ed il rispettivo spessore (d).

Per gli strati sono stati rispettivamente ottenuti i seguenti valori di:

| strati | Prof. | H | Vs | tempi |
|--------|-------|-------|-----|---------|
| 1 | 0,71 | | | |
| 2 | 1,14 | 0,14 | 184 | 0,00075 |
| 3 | 3,28 | 2,14 | 146 | 0,01465 |
| 4 | 3,65 | 0,37 | 250 | 0,00147 |
| 5 | 4,06 | 0,41 | 274 | 0,0015 |
| 6 | 4,41 | 0,35 | 320 | 0,00108 |
| 7 | 4,99 | 0,58 | 292 | 0,002 |
| 8 | 5,50 | 0,51 | 118 | 0,00434 |
| 9 | 6,76 | 1,26 | 484 | 0,0026 |
| 10 | 10,25 | 3,49 | 735 | 0,00475 |
| 11 | 21,06 | 10,81 | 279 | 0,03875 |
| 12 | 29,97 | 8,91 | 520 | 0,01711 |

La valutazione del valore V_{S30} viene quindi ottenuta mediante l'utilizzo della seguente relazione:

$$V_{S30} = \frac{30}{\sum_{i=1,n} \frac{h_i}{v_i}}$$

dove: h_i = spessore dello strato i esimo, m v_i = velocità onde di taglio strato i esimo, m/sec

ottenendo:

$$V_{S30} = 326 \text{ m/sec}$$

In ottemperanza con quanto prescritto dalla normativa, viste le caratteristiche del primo sottosuolo, il suolo di fondazione può essere pertanto assimilato alla categoria C di azione sismica “*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti*” con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

9. RISPOSTA SISMICA LOCALE SEMPLIFICATA

Il Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008 recante le “Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”, attualmente aggiornato dal D.M. del 17/1/2018, definisce i criteri antisismici generali, precisando le azioni che devono essere impiegate in fase progettuale per la sicurezza strutturale delle opere.

L'azione sismica sulle costruzioni è valutata partendo da una “pericolosità sismica di base”, derivata da studi eseguiti a livello nazionale e definita sulla base di condizioni ideali in superficie di suolo rigido e topografia orizzontale.

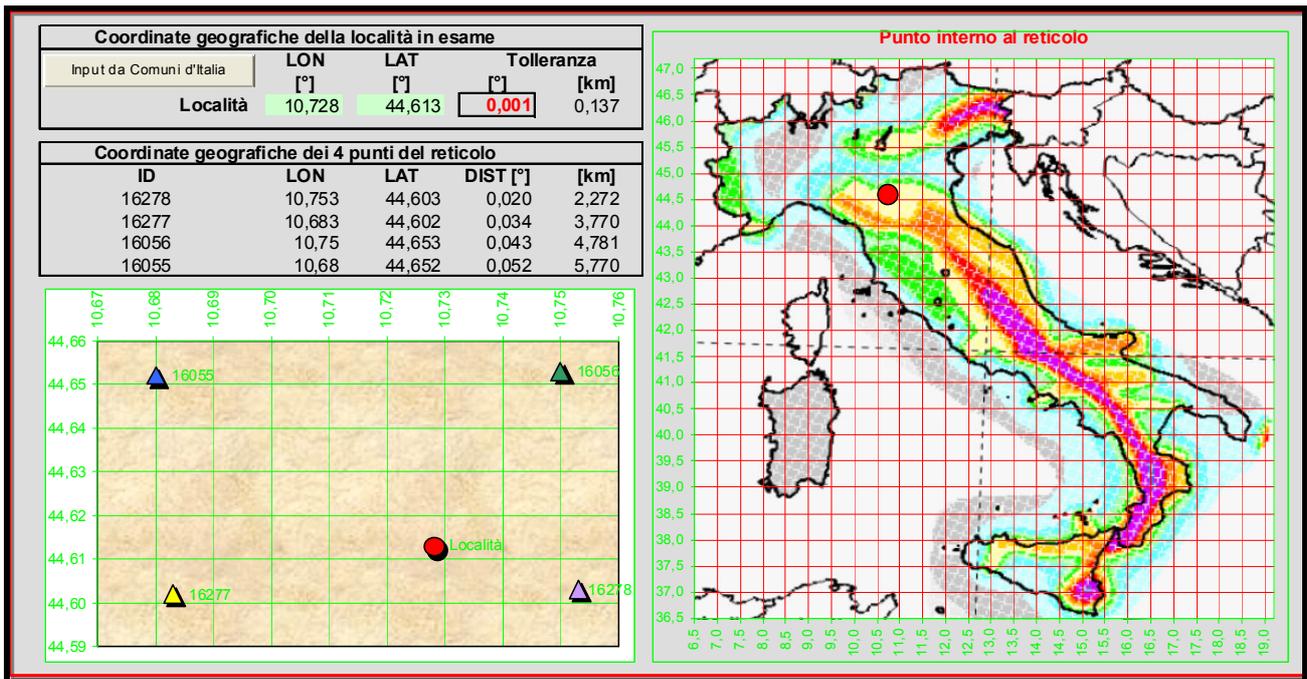
Le Azioni di progetto, per un suolo rigido orizzontale, vengono ricavate in funzione di tre parametri:

- a_g = accelerazione orizzontale massima
- F_o = fattore di amplificazione massimo dello spettro in accelerazione orizzontale
- T_{c^*} = periodo inizio tratto costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Tali parametri vengono inoltre definiti secondo termini probabilistici differenti, con periodi di ritorno T_R di 30, 50, 475, 975 anni; per tale motivo, ai fini progettuali, occorre fissare la vita di riferimento V_R della costruzione e la probabilità di superamento associata a ciascuno degli stati limite considerati.

I valori dei parametri a_g , F_o e T_{c^*} per la definizione dell’Azione Sismica possono essere calcolati mediante l’utilizzo del programma di calcolo “Calcolo Spettro Sismico”, ideato dagli Ingegneri Red Shift & Afazio, in cui vengono generati accelerogrammi correttamente commisurati alla pericolosità sismica del sito.

I primi dati ad essere stati introdotti nel programma sono le coordinate geografiche (latitudine e longitudine) del sito di riferimento (vedi figura in allegato).



Come si può visualizzare nella tabella sottostante, per ottenere gli spettri di risposta sismica locale, sono stati inoltre introdotti i valori della vita della struttura e le caratteristiche sismiche del terreno.

| VITA DELLA STRUTTURA | |
|----------------------|------------------------|
| Vita nominale | V_N 50 [anni] |
| Classe d'uso | C_U II |
| Vita di riferimento | V_R 50 [anni] |

| CARATTERISTICHE SISMICHE TERRENO | |
|----------------------------------|-----------|
| Topografia | T1 |
| Coeff. topografico | S_T 1,0 |
| Categoria suolo | C |

| | SL | P_{VR} | T_R | a_g | F_o | T_C^* | S | Tb | T_C | T_D | F_v |
|-----|-------------|----------|-------|--------------|-------------|-------------|------|------|-------|-------|-------|
| sl | Operatività | 81% | 30 | 0,504 | 2,48 | 0,25 | 1,50 | 0,14 | 0,41 | 1,80 | 0,75 |
| sl | Danno | 63% | 50 | 0,627 | 2,49 | 0,27 | 1,50 | 0,14 | 0,43 | 1,85 | 0,84 |
| slu | Salv. Vita | 10% | 475 | 1,620 | 2,37 | 0,29 | 1,47 | 0,15 | 0,46 | 2,25 | 1,29 |
| slu | Collasso | 5% | 975 | 2,056 | 2,38 | 0,31 | 1,41 | 0,16 | 0,48 | 2,42 | 1,45 |

I valori dei principali parametri sismici (a_g , F_0 , T_c^*) riferiti all'area in oggetto al TR = 475 anni dello Stato Limite Ultimo di Salvaguardia della Vita esplicitati sono:

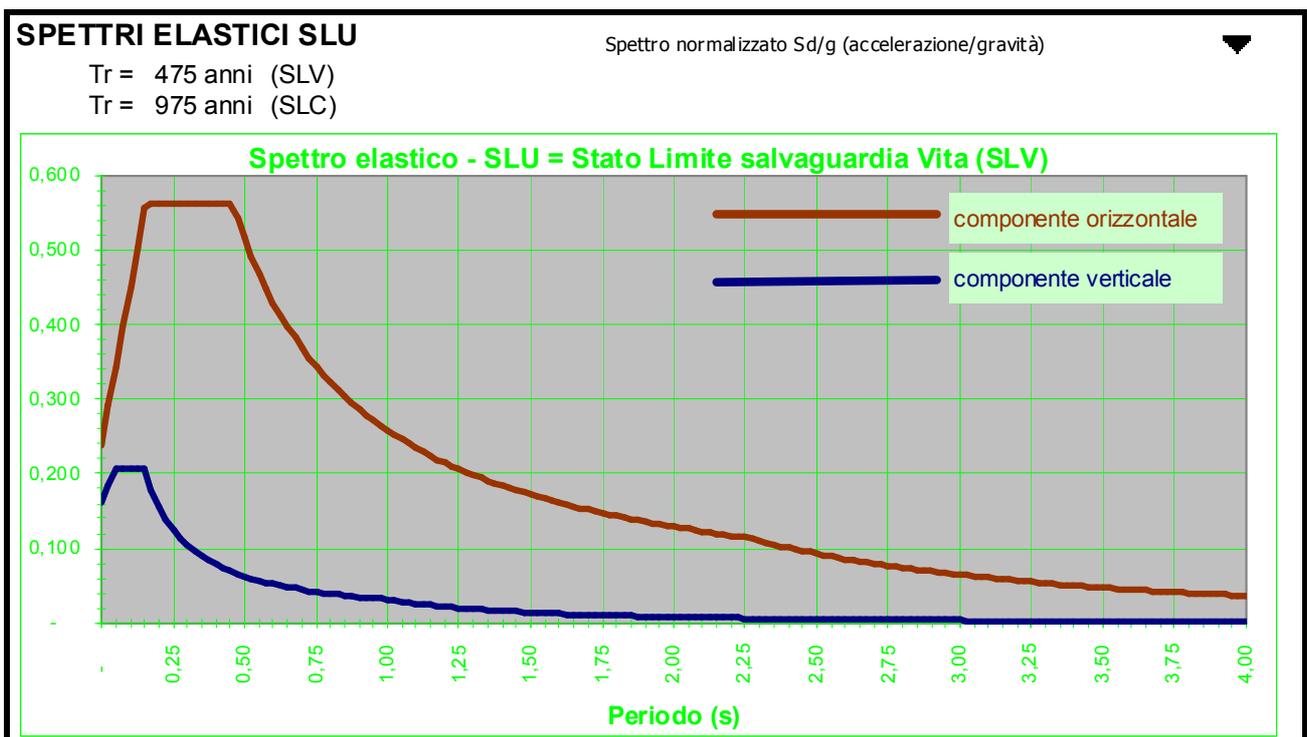
$$a_g = a_{g/g} = 1.620 / 9.81 = 0.165$$

$$F_0 = 2.37$$

$$T_c^* = 0.29$$

Elaborando i dati forniti, il programma di calcolo ha prodotto gli spettri di risposta elastica necessari per definire gli stati limite ultimo.

Nella fattispecie è stato ottenuto il grafico degli spettri elastici SLU:



In assenza di analisi specifiche della risposta sismica locale è possibile valutare l'accelerazione massima attesa al sito mediante la relazione:

$$a_{\max} = S_s \cdot S_t \cdot a_g$$

in cui:

S_s = coefficiente che tiene conto dell'effetto dell'amplificazione stratigrafica;

S_t = coefficiente che tiene conto dell'effetto dell'amplificazione topografica;

a_g = accelerazione orizzontale massima sul suolo di categoria A.

Tabella 3.2.V – Espressioni di S_s

| Categoria sottosuolo | S_s |
|-----------------------------|---|
| A | 1,00 |
| B | $1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$ |
| C | $1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$ |
| D | $0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$ |
| E | $1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$ |

Nel caso in esame potrà essere assunto:

VN 50 anni - Classe d'Uso II

Stato limite SLV e TR = 475 anni (*Paragrafo 7.1 D.M. 17.01.2018*):

$S_s = 1.47$ - Categoria sottosuolo C

$S_t = 1.0$ - Categoria topografica T1

$a_g = 0.165 \cdot g$

Sulla base dei dati sopra riportati risulta pertanto che:

$$a_{\max} = S_s \cdot S_t \cdot a_g = 1.47 \cdot 1.0 \cdot 0.165 = 0.242 \cdot g.$$

10. MICROZONAZIONE SISMICA

Il Dgr 2193/2015 integra la Delibera Regionale 112/2007, emessa dalla Assemblea Legislativa della Regione Emilia Romagna in data 2 Maggio 2007, fornendo i criteri per l'individuazione delle aree che potrebbero essere soggette ad effetti sismici locali (microzonazione sismica) in modo da orientare le scelte di pianificazione verso le aree a minor rischio. La metodologia indicata per tali tipi di studio prevede due fasi di analisi, con diversi livelli di approfondimento.

La prima fase ha carattere qualitativo ed è diretta ad identificare le parti di territorio suscettibili di effetti locali (amplificazione del segnale sismico, cedimenti, instabilità dei versanti, fenomeni di liquefazione, rotture del terreno, ecc.).

Essa viene realizzata sulla base di rilievi, osservazioni e valutazioni di tipo geologico e geomorfologico, svolte a scala territoriale, associati a raccolte di informazioni sugli effetti indotti dai terremoti passati.

La seconda fase ha invece come obiettivo la microzonazione sismica del territorio. Sulla base degli scenari individuati dalle analisi svolte nel corso della prima fase, nella seconda fase si attuano due diversi livelli di approfondimento:

a) analisi semplificata (secondo livello di approfondimento); basata, oltre che sull'acquisizione di dati geologici e geomorfologico più dettagliati di quelli rilevati nel primo livello, su prove geofisiche in sito e su prove geotecniche di tipo standard; essa viene svolta nelle aree pianeggianti e sub-pianeggianti, incluse le zone di fondovalle appenniniche, con stratificazione orizzontale e sub-orizzontale, e sui versanti stabili con acclività minore o uguale a 15° in cui il deposito ha spessore costante

b) analisi approfondita (terzo livello di approfondimento), richiesta nei seguenti casi:

- Aree soggette a liquefazione e densificazione;
- Aree instabili e potenzialmente instabili;

- Aree in cui le coperture hanno spessore fortemente variabile, come ad esempio nelle aree pedemontane e di fondovalle a ridosso dei versanti;
- Aree in cui è prevista la realizzazione di opere di rilevante interesse pubblico.

Secondo quanto riportato dalla Tav. P9b “Rischio Sismico – Carta dei livelli di approfondimento” prodotta a corredo del P.T.C.P. 2010 della Provincia di Reggio nell’Emilia, l’area in esame ricade tra quelle che necessitano di analisi approfondita di III° livello mentre per le tavole n° 6 “Aree suscettibili di effetti locali” e n° 7 “Sintesi dei livelli di approfondimento sismico”, della Iª Variante al PSC del Comune di Scandiano, l’area in esame ricade tra quelle che necessitano di analisi semplificata di II livello (cf. stralci in allegato).

L’analisi semplificata di secondo livello prevede la valutazione dei fattori di amplificazione F_a sulla base delle velocità medie delle onde di taglio all’interno della copertura (V_{SH}) o nei primi 30 metri dalla superficie (V_{S30}), calcolate secondo le seguenti formule:

$$V_{SH} = \frac{H}{\sum \frac{h_i}{V_{S_i}}} \quad V_{S30} = \frac{30}{\sum \frac{h_i}{V_{S_i}}}$$

I fattori stimati esprimono l’amplificazione del moto sismico al passaggio dal bedrock alla superficie. Essi possono essere espressi sia come rapporto di PGA che come rapporto tra le intensità spettrali calcolate sugli spettri di pseudo-velocità all’interno di due o tre intervalli distinti:

SI1: 0.1-0.5 sec

SI2: 0.5-1.0 sec

SI3: 0.5-1.5 sec

L’analisi semplificata di secondo livello propone l’utilizzo di una serie di tabelle di carattere empirico che mettono in relazione i valori di V_{SH} o di V_{S30} con i fattori di amplificazione.

Le varie Tabelle rispecchiano situazioni geologiche tipiche del territorio regionale, tra le quali occorre scegliere quella che meglio corrisponde alle caratteristiche dell’area di studio.

La tabella di riferimento per la valutazione dei fattori di amplificazione Fa è riportata nella sottostante tabella:

| $V_{s30}(m/s) \rightarrow$ | 150 | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 |
|----------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| F.A. PGA | 1.7 | 1.7 | 1.7 | 1.6 | 1.5 | 1.5 |
| F.A. SI1 | 2.0 | 2.0 | 1.9 | 1.8 | 1.7 | 1.6 |
| F.A. SI2 | 3.1 | 3.0 | 2.7 | 2.4 | 2.1 | 2.0 |
| F.A. SI3 | 3.6 | 3.3 | 2.9 | 2.5 | 2.2 | 2.0 |

La tabella è relativa ad una stratigrafia della Pianura 2 ovvero il settore di pianura con sedimenti alluvionali prevalentemente fini, alternanze di limi, argille e sabbie, caratterizzato dalla presenza di una importante discontinuità stratigrafica responsabile di un significativo contrasto di impedenza a circa 100 m da p.c. e del tetto del substrato rigido a circa 150 m da p.c.

In base al valore di V_{s30} (326 m/s), ottenuto estrapolando i dati dell'indagine geofisica, si ritiene opportuno adottare i seguenti fattori di amplificazione:

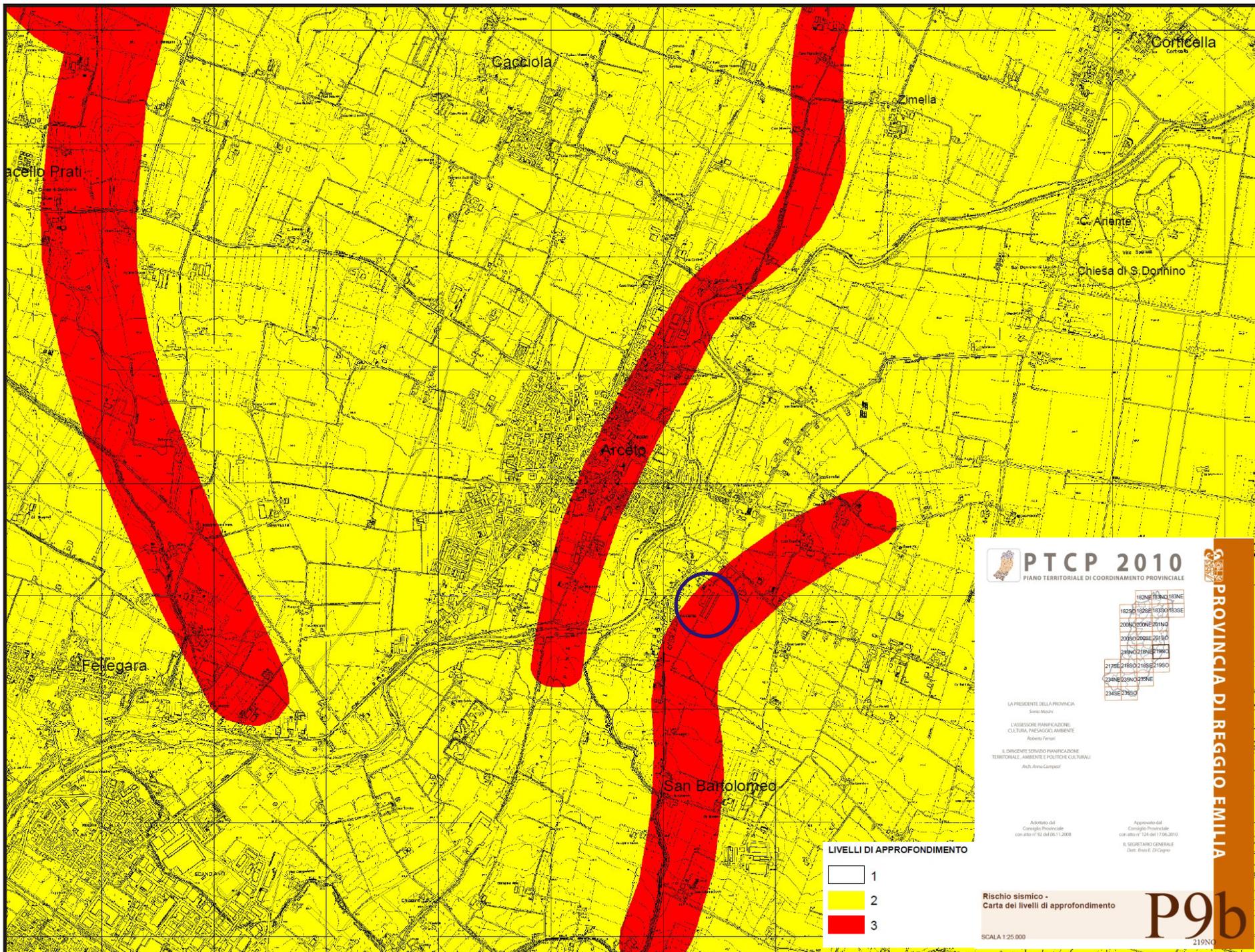
$$\text{PGA F.A.} = 1.6$$

$$\text{SI 1(0.1 - 0.5 sec) F.A.} = 1.8$$

$$\text{SI 2(0.5 - 1.0 sec) F.A.} = 2.4$$

$$\text{SI 3(0.5 - 1.5 sec) F.A.} = 2.5$$

In tavola 7.1 “Carta di microzonazione sismica livello 2 – Fa PGA” (cf. stralcio in allegato) l'area in oggetto di studio non è compresa in una microzona esaminata tuttavia si tenga presente che nel terreno limitrofo posto immediatamente ad occidente viene indicato un Fattore di Amplificazione di 1.5-1.6.



Cacciola

Aceto Prati

Fellegara

Cacciola

Zimella

Corticella
Corticella

C. Arante

Chiesa di S. Donhino

Arceto

San Bartolomeo

LIVELLI DI APPROFONDIMENTO

- 1
- 2
- 3

PTCP 2010
PIANO TERRITORIALE DI COORDINAMENTO PROVINCIALE

PROVINCIA DI REGGIO EMILIA

LA PRESIDENTE DELLA PROVINCIA
Saverio Rossi

L'ASSESSORE PIANIFICAZIONE
CULTURALE, PAESAGGIO, AMBIENTE
Roberto Ferrari

IL DIRIGENTE SERVIZIO PIANIFICAZIONE
TERRITORIALE, AMBIENTE E POLITICHE CULTURALI
Attilio Anna Campari

Adottato dal
Consiglio Provinciale
con atto n° 10 del 06.11.2009

Approvato dal
Consiglio Provinciale
con atto n° 124 del 17.06.2010

IL SEGRETARIO GENERALE
Dott. Enzo E. Di Gregorio

Rischio sismico -
Carta dei livelli di approfondimento

P9b

SCALA 1:25.000

219NG



Comune di Scandiano
PIANO STRUTTURALE COMUNALE

P.S.C.
Piano Strutturale
Comunale

1ª Variante
QCG Tavola 6
Aree suscettibili di effetti locali

Modificata e seguita dalla Studio di Micr. Statica 1°-4° livello - 2016



Stato: Alessio Mammi

Assessore all'urbanistica: Matteo Rocchetti

Responsabile 3° settore Uso e assetto del territorio: Ing. Alfredo Di Silvestro

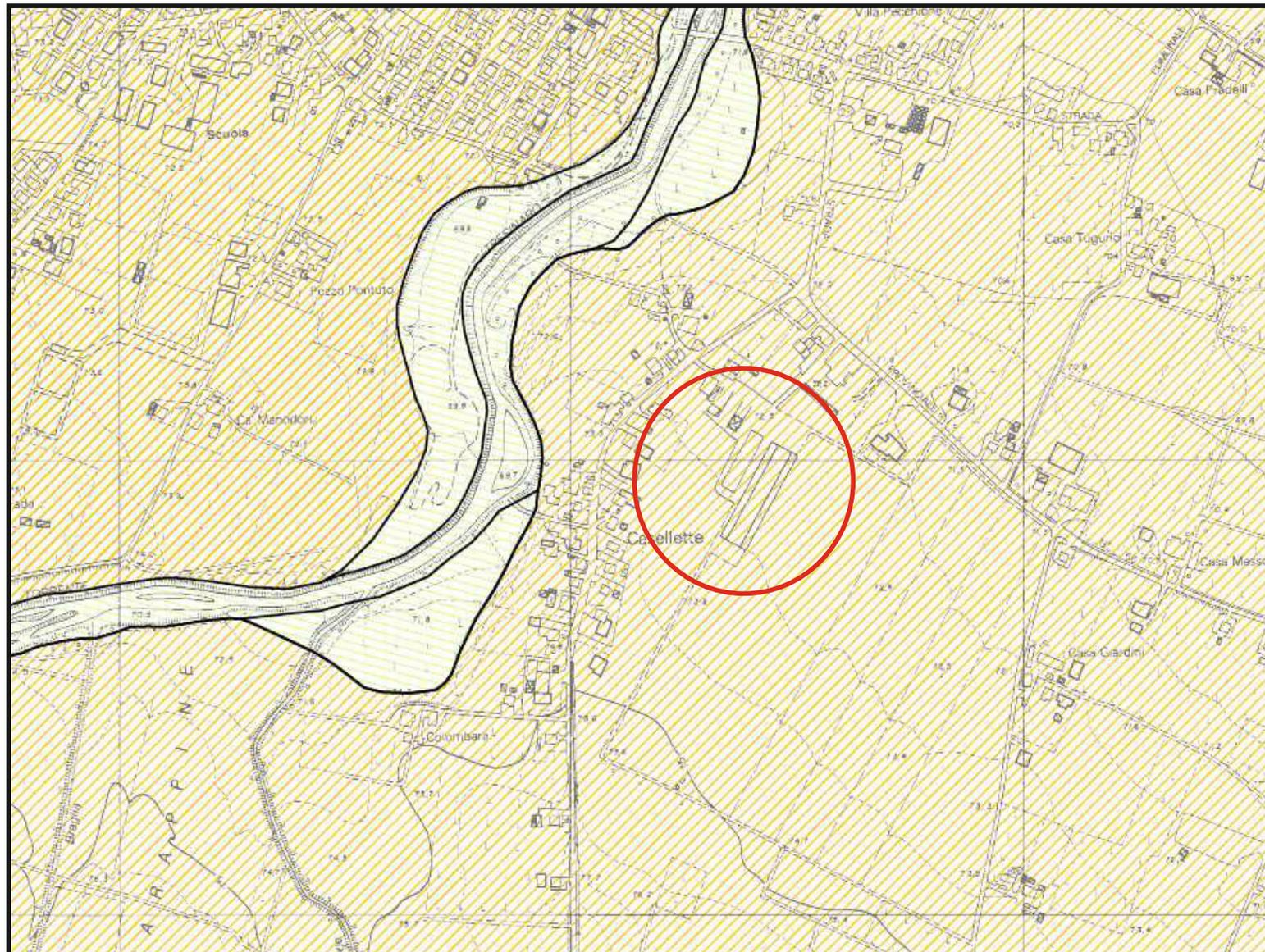
Responsabile del Servizio Urbanistica Territorio Ambientale: Ing. Elisabetta Mattioli

Progettisti: GEOMETRI SRL
Dott. Geol. Marco Scotti Bartolotti

Provincia di Reggio Emilia
Regione Emilia Romagna

LEGENDA

| AREA | SCENARIO DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE | POSSIBILI EFFETTI INDOTTI | LIVELLO DI APPROFONDIMENTO | |
|------|---|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| | Terreno di versante | Amplificazioni litologiche | BILIVELLO ANALISI APPROFONDIRITA | |
| | Depositi di conoidi alluvionale | | BILIVELLO ANALISI SEMPLIFICATA | |
| | Depositi di conoidi alluvionale sabbiosi | | BILIVELLO ANALISI APPROFONDIRITA | |
| | Depositi alluvionali | | BILIVELLO ANALISI SEMPLIFICATA | |
| | Depositi alluvionali in ambito intravillaggio | | BILIVELLO ANALISI APPROFONDIRITA | |
| | Depositi antropici | | BILIVELLO ANALISI APPROFONDIRITA | |
| | Depositi di copertura di versante su substrato non rigido | | BILIVELLO ANALISI SEMPLIFICATA | |
| | Zona di erosione | | Amplificazioni topografiche | BILIVELLO ANALISI APPROFONDIRITA |
| | Linea di erosione | | | BILIVELLO ANALISI APPROFONDIRITA |
| | Aree instabili | | Instabilità di versante | BILIVELLO ANALISI APPROFONDIRITA |
| | Aree potenzialmente instabili | BILIVELLO ANALISI APPROFONDIRITA | | |
| | Aree ad inclinazione > 15° con copertura diroccata crollata o granitometrica prevalentemente fine | BILIVELLO ANALISI APPROFONDIRITA | | |





Comune di Scandiano
PIANO STRUTTURALE COMUNALE

P.S.C.
Piano Strutturale
Comunale

1ª Variante
QCG Tavola 7

Sintesi dei livelli di approfondimento sismico

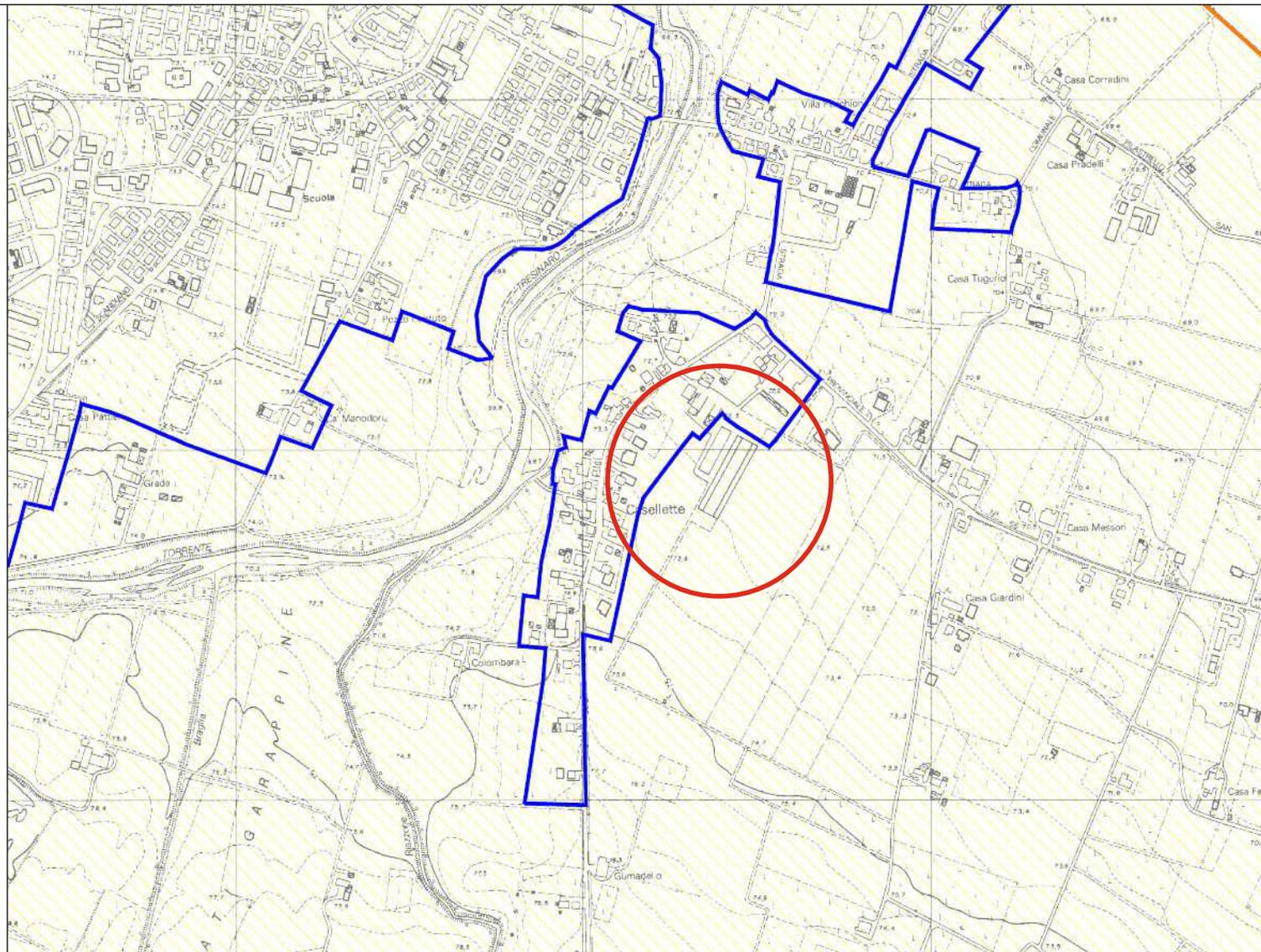
Modificato a seguito dello Studio di M.C.T. Sismica 1ª - 31° Livello - 2016



Sindaco **Alessio Mammi**
Assessore all'urbanistica **Matteo Roscetti**
Direttore 2° settore Usc e assetto del territorio **Ing. Alfredo Di Silvestro**
Responsabile del Servizio Urbanistica Territorio Ambiente **Ing. Elisabetta Mattioli**
Progettisti **GIORGIO SMI**
Dist. Gen. Marco Santi Bartolotti
Provincia di Reggio Emilia
Regione Emilia Romagna

| AREA | LIVELLO DI APPROFONDIMENTO |
|------|-------------------------------------|
| | II LIVELLO ANALISI SEMPLIFICATA |
| | III LIVELLO ANALISI APPROFONDATA |

- Limite comunale
- Perimetro di territorio urbanizzato e/o urbanizzabile oggetto di studio di II Livello
- Perimetro di territorio urbanizzato e/o urbanizzabile oggetto di studio di III Livello





Attuazione dell'articolo 11 della legge 24 giugno 2009, n. 77

MICROZONAZIONE SISMICA

7.1 - Carta di microzonazione sismica Livello 2 (FA P.G.A.) - Sud

scala - 1:5.000

Regione Emilia-Romagna
Comune di Scandiano

1ª VARIANTE PSC



Soggetto realizzatore
Dott. Geol. Marco Santi Bortolotti
Dott. Geol. Stefano Cavallini
Dott. Geol. Roberto Saloni

Data
Gennaio 2016

GEODES s.r.l.
Via Montebello, 1 - 41020 Scandiano (Reggio Emilia)
Tel. 0522-830029 - Fax 0522-131012
P.I. 01500000368
Reg. Trib. Modena - C. 02820200364
C.F. 0150000368 - I.V.A. 0353500364

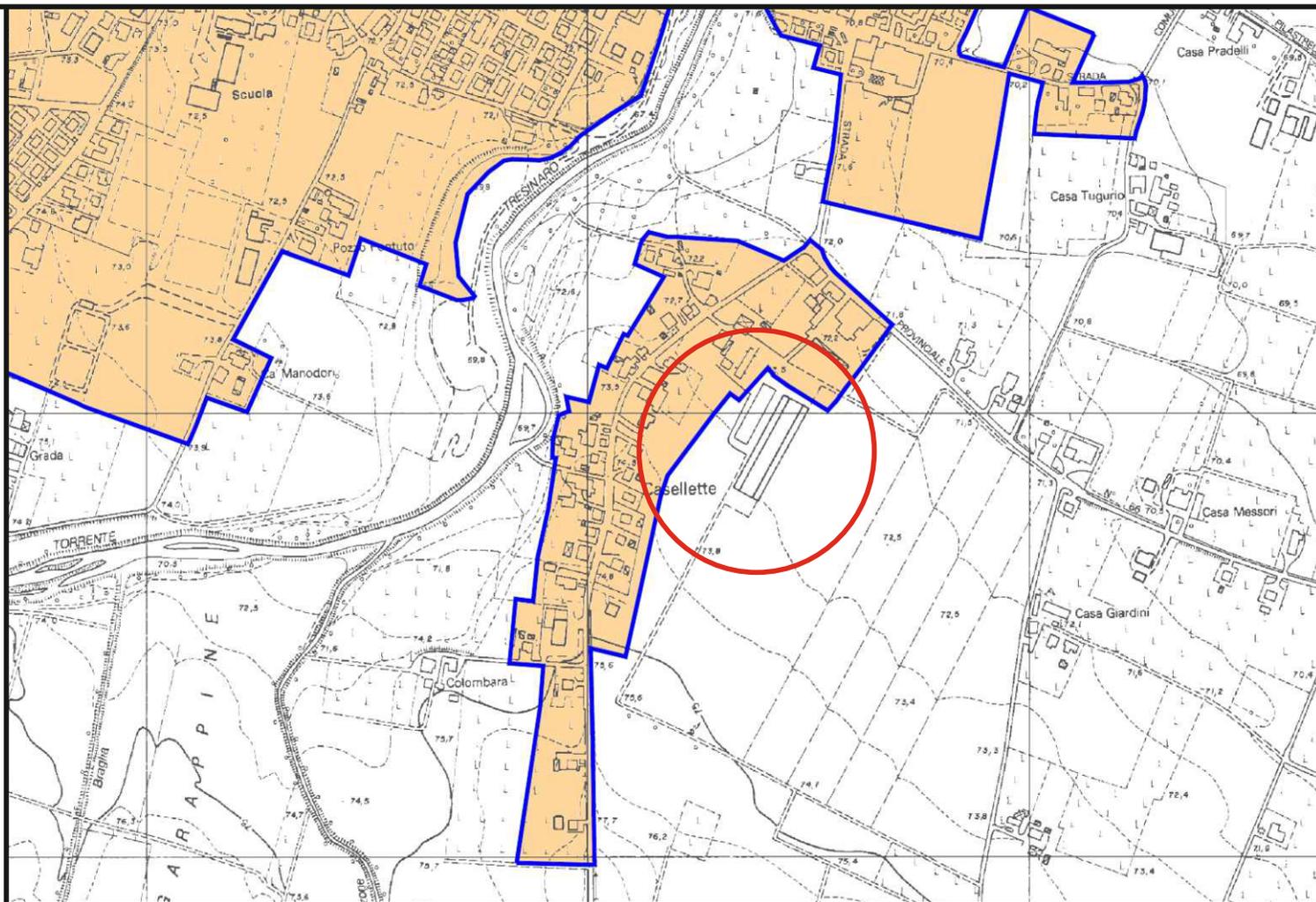
Legenda

Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

- FA P.G.A. = 1,3-1,4
- FA P.G.A. = 1,5-1,6
- FA P.G.A. = 1,7-1,8
- FA P.G.A. = 2,1-2,2
- FA P.G.A. = 2,3-2,4
- FA P.G.A. >= 2,5

Zone suscettibili di instabilità

- Instabilità di versante



11. RISPOSTA SISMICA DI III° LIVELLO

Come in precedenza sottolineato, per poter definire i Fattori di Amplificazione di P.G.A. e di Intensità Spettrale secondo Housner, occorre procedere ad un'analisi sismica di III° livello.

La modellazione numerica della risposta sismica locale (RSL) viene effettuata utilizzando il software "RSL III" della ditta Geostru di Bianco (RC), avvalendosi dello specifico codice di calcolo monodimensionale "SHAKE".

L'elaborazione permette di valutare l'amplificazione dell'impulso sismico al suolo e di quantificare gli spettri di risposta sulla base di terremoti di riferimento (TR 712 anni con smorzamento pari al 5%) forniti dalla Regione Emilia-Romagna, per lo Stato Limite Ultimo SLV.

Il Software RSL III consente di quantificare puntualmente l'effettiva amplificazione stratigrafica sfruttando la soluzione dell'equazione differenziale che governa il problema della propagazione di onde di taglio in un solido alla Kelvin-Voigt ed un comportamento dei terreni secondo curve di decadimento per G e lo smorzamento tratte dalla letteratura scientifica e/o normative, o ancora, curve di decadimento personalizzate. La procedura di calcolo utilizzata da RSL III per la risposta sismica locale è di tipo lineare equivalente su un modello di n strati piani e paralleli di estensione orizzontale infinita su un semispazio corrispondente al bedrock.

L'input sismico, rappresentato da più accelerogrammi, viene applicato al bedrock e viene valutato il moto di propagazione delle onde in direzione perpendicolare alla superficie utilizzando l'equazione di equilibrio dinamico in funzione dello spostamento. I valori finali forniti dall'analisi di risposta sismica locale sono gli accelerogrammi e i relativi spettri di risposta, lo spettro medio e quello medio normalizzato da confrontare con lo spettro di normativa.

La verifica monodimensionale dell'amplificazione locale, tramite l'utilizzo di Shake, si compone di due fasi: elaborazione del modello e simulazione degli effetti indotti dal sisma di progetto.

La prima fase consiste nel costruire la colonna di sottosuolo di riferimento, rappresentata da strati (layer) a differente tessitura e da diversi valori delle onde di taglio S (Vs).

Il modello geologico si è basato sulla stratigrafia, redatta sugli esiti delle prove penetrometriche statiche.

La prova Re.Mi. ha consentito di valutare la distribuzione delle velocità di propagazione delle onde sismiche di taglio (V_s), nei primi trenta metri, in 326 m/s. All'interno del modello geologico utilizzato per l'analisi di RSL sono stati quindi inseriti i sismostrati riportati nel capitolo "Sismicità dell'Area" prodotta nell'aprile 2007 dal Dott. Geol. Ildo Facchini. Il bedrock sismico è stato quindi impostato alla profondità di 100 m dal piano campagna attuale attribuendo una velocità di 650 m/s.

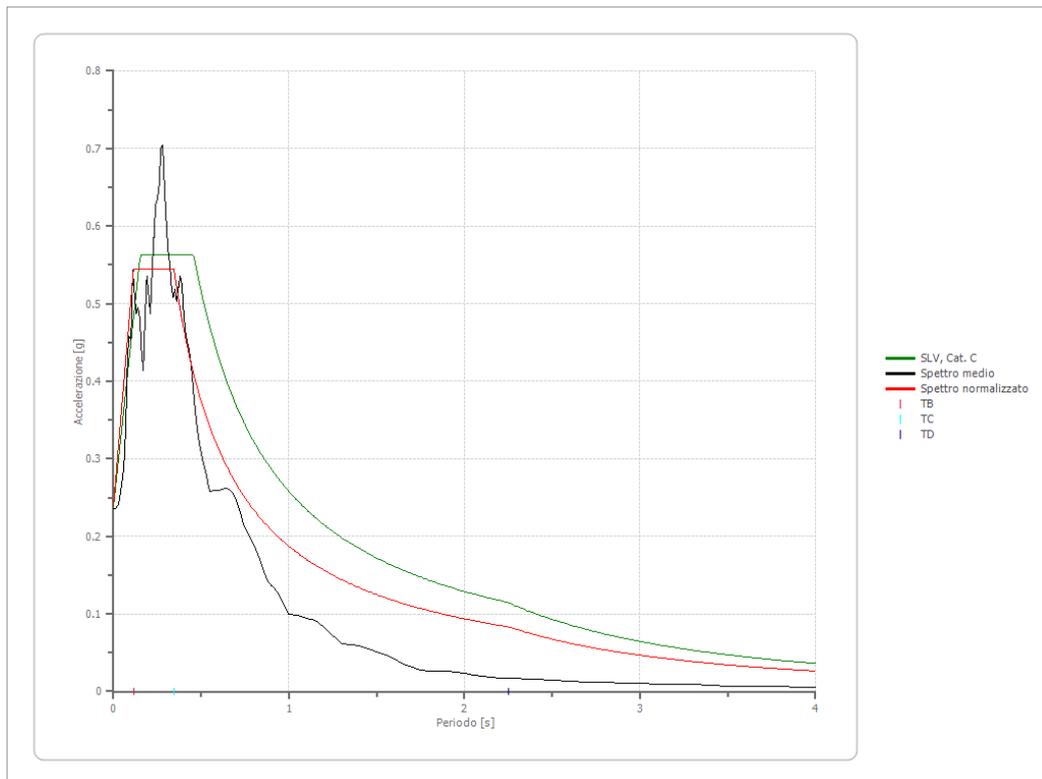
Occorre poi procedere all'inserimento degli input sismici, desunti dai segnali di riferimento selezionati dalla banca dati accelerometrica "European Strong Motion database" e forniti dal Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli regionale. Si tratta di tre tipologie di segnali, già "scalati" per il territorio comunale a cui si riferiscono e sono rappresentati dai tre differenti accelerogrammi di progetto:

- 1) impulsivo;
- 2) con ampio contenuto in frequenze;
- 3) con componente predominante alle alte frequenze.

La modellazione consente la valutazione dell'amplificazione locale intesa come rapporto PGA/PGA_0 ossia come rapporto dell' $a_{g_{max}}$ al suolo (calcolata con SHAKE) con quella del suolo rigido. Si rammenta ancora che per il Comune di Scandiano la DAL 112/2007 riporta un' $a_{g_{max}}$ al suolo rigido pari a 0,162 g.

In allegato vengono riportate tutte le elaborazioni fornite dal software RSL III, da cui sono stati estrapolati i risultati qui di seguito forniti.

I risultati ottenuti evidenziano che il fattore di amplificazione FA è pari a 1.488 e un fattore di amplificazione spettrale massima F_0 di 2.258, da cui deriva un a_{max} o PGA al sito pari a 0.241 g.



CONFRONTO SPETTRO DI PROGETTO E SPETTRO DA NORMATIVA

Per quanto riguarda la stima dell'intensità spettrale di Housner (SI), intesa come rapporto fra gli spettri PSV al suolo e PSV al pseudo-bedrock, la modellazione espletata con SHAKE ha permesso di ricavare gli esiti negli intervalli temporali rispettivamente di $0,1s \div 0,5s$; $0,5s \div 1,0s$ e $0,5s \div 1,5s$, come richiesto dal Dgr 2193/2015, pari rispettivamente a F.A. = 1.528, F.A. = 1.393 e F.A. = 1.368.

Sono stati ottenuti pertanto tre diversi fattori di amplificazione sismica, 1.47 con la Risposta sismica locale semplificata secondo le NTC2018, 1.5-1.6 con l'analisi semplificata di 2° livello sia utilizzando la tabella del DGR 2193/2015 sia con la tavola 7.1 "Carta di microzonazione sismica livello 2 – Fa PGA" della 1ª Variante al PSC del Comune di Scandiano e 1.488 con l'analisi di III livello. Visionando il grafico del rapporto degli spettri, il valore di accelerazione calcolato con il Fattore di Amplificazione ottenuto con RSL III risulta essere simile a quello calcolato con la risposta sismica semplificata, si dovrà pertanto adottare il valore di a_{max} pari a $0.241 \div 0.242$ g per il dimensionamento delle strutture.

12. VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

Con il termine di liquefazione si intende generalmente la perdita di resistenza dei terreni saturi, sotto sollecitazioni di taglio cicliche o monotoniche, in conseguenza delle quali il terreno raggiunge una condizione di fluidità pari a quella di un liquido viscoso.

Ciò avviene quando la pressione dell'acqua nei pori aumenta progressivamente fino ad eguagliare la pressione totale di confinamento e quindi allorché gli sforzi efficaci, da cui dipende la resistenza al taglio, si riducono a zero.

Questi fenomeni si verificano soprattutto nelle sabbie fini e nei limi saturi di densità da media a bassa e a granulometria piuttosto uniforme, anche se contenenti una frazione fine limoso-argillosa.

In conformità con quanto richiesto dall'allegato A3 del DAL 112/2007 e dal punto 7.11.3.4.2. delle NTC 2018, per la presenza di Magnitudo superiori a 5 e di livelli di natura granulare che si alternano alle argille, si è quindi proceduto alla verifica della liquefazione del terreno.

Pur avendo le indagini penetrometriche accertato, nei primi metri, la presenza di livelli con modeste caratteristiche geomeccaniche, è stato tuttavia appurato, con l'ausilio del programma LIQUITER della Ditta Geostru, che il primo sottosuolo presenta un rischio di liquefazione molto basso.

13. RIEPILOGO E CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Il primo sottosuolo, secondo l'Istituto di Geologia dell'Università di Modena, è costituito da depositi alluvionali appartenenti all'Unità di Reggio Emilia (Neolitico–Età Romana); verso occidente essi vengono a contatto con apporti del T. Tresinaro, ascrivibili alla cosiddetta Unità dei fondovalle (Medioevo – XX secolo) mentre ad oriente sfumano in quelli dell'Unità di Chiozza (Olocene pre-Neolitico). Si tratta pertanto di alluvioni relativamente recenti; l'Unità di Reggio Emilia è composta da “limi sabbiosi con lenti ghiaiose”, quelli dovuti ad apporti del T. Tresinaro hanno in prevalenza ghiaie e sabbie mentre l'Unità di Chiozza si caratterizza per una prevalenza di limi. Secondo le più recenti suddivisioni delle unità quaternarie continentali adottate sulla Carta Geologica del progetto CARG della Regione Emilia Romagna, il terreno in esame viene invece ascritto al Subsistema di Ravenna; in riva del T. Tresinaro, questi depositi sfumano poi in quelli più recenti dell'Unità di Modena.

Le prove penetrometriche statiche a cui si fa riferimento, in analogia altresì con prospezioni di tipo dinamico effettuate nell'area attigua ad occidente, hanno nei primi metri riscontrato l'esistenza di una preponderanza di materiali coesivi, argille organiche ed inorganiche ed argille sabbioso limose. Oltre i 5÷7 m la natura del deposito diviene di natura prettamente alluvionale confermando, così come da carta geologica del CARG, l'esistenza di un paleoalveo. Si tratta di sabbie limose, sabbie e ghiaie in scarsa matrice limo argillosa.

In conformità con quanto previsto dalle normative vigenti, unitamente alle indagini penetrometriche, necessarie per accertare le caratteristiche geomeccaniche del terreno, per definire la categoria sismica del suolo si è fatto riferimento ad un'indagine sismica tipo Re.Mi.

In base alla sua elaborazione, nei primi trenta metri (V_{s30}) è stata ottenuta una velocità di 326 m/sec che consente di assimilare il suolo di fondazione alla categoria C di azione sismica “*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti*” con

profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

Mediante l'utilizzo di un apposito programma per il "Calcolo dello Spettro Sismico", ideato dagli Ingegneri Red Shift & Afazio, in cui vengono generati accelerogrammi correttamente commisurati alla pericolosità sismica del sito, si è proceduto poi al calcolo del valore dei parametri a_g , F_0 e T_c^* per la definizione dell'Azione Sismica locale.

Riferiti all'area in oggetto, al TR = 475 anni dello Stato Limite Ultimo di Salvaguardia della Vita, sono stati ottenuti i seguenti valori: $a_g = a_g/g = 1.620 / 9.81 = 0.165$; $F_0 = 2.37$; $T_c^* = 0.29$. Elaborando i dati, il programma ha prodotto gli spettri elastici SLU; è stata inoltre calcolata l'accelerazione massima attesa al sito di $a_{max} = S_s \cdot S_t \cdot a_g = 1.47 \cdot 1.0 \cdot 0.165 = 0.242 \cdot g$.

Secondo quanto riportato dalla Tav. P9b "Rischio Sismico – Carta dei livelli di approfondimento" prodotta a corredo del P.T.C.P. 2010 della Provincia di Reggio nell'Emilia, l'area in esame ricade tra quelle che necessitano di analisi approfondita di III livello mentre per le tavole n° 6 "Aree suscettibili di effetti locali" e n° 7 "Sintesi dei livelli di approfondimento sismico", della 1ª Variante al PSC del Comune di Scandiano, l'area in esame ricade tra quelle che necessitano di analisi semplificata di II livello (cf. stralci in allegato).

Utilizzando il software RSL III, è stata effettuata l'analisi approfondita di III° livello di risposta sismica locale.

I risultati ottenuti evidenziano che il fattore di amplificazione FA è pari a 1.488 e un fattore di amplificazione spettrale massima F_0 di 2.258, da cui deriva un a_{max} o PGA al sito pari a 0.241 g.

Sono stati ottenuti pertanto tre diversi fattori di amplificazione sismica, 1.47 con la Risposta sismica locale semplificata secondo le NTC2018, 1.5-1.6 con l'analisi semplificata di 2° livello sia utilizzando la tabella del DGR 2193/2015 sia con la tavola 7.1 "Carta di microzonazione sismica livello 2 – Fa PGA" della 1ª Variante al PSC del Comune di Scandiano e 1.488 con l'analisi di III livello.

Visionando il grafico del rapporto degli spettri, il valore di accelerazione calcolato con il Fattore di Amplificazione ottenuto con RSL III risulta essere simile a quello calcolato con la risposta sismica semplificata, si dovrà pertanto adottare il valore di a_{max} pari a $0.241 \div 0.242$ g per il dimensionamento delle strutture.

Per quanto riguarda la stima dell'intensità spettrale di Housner (SI), intesa come rapporto fra gli spettri PSV al suolo e PSV al pseudo-bedrock, la modellazione espletata con SHAKE ha permesso di ricavare gli esiti negli intervalli temporali rispettivamente di $0,1s \div 0,5s$; $0,5s \div 1,0s$ e $0,5s \div 1,5s$, come richiesto dal Dgr 2193/2015, pari rispettivamente a F.A. = 1.528, F.A. = 1.393 e F.A. = 1.368.

In conformità con quanto richiesto dall'allegato A3 del DAL 112/2007 e dal punto 7.11.3.4.2. delle NTC 2018, per la presenza di Magnitudo superiori a 5 e di livelli di natura granulare che si alternano alle argille, si è quindi proceduto alla verifica della liquefazione del terreno.

Pur avendo le indagini penetrometriche accertato nei primi metri la presenza di livelli con modeste caratteristiche geomeccaniche, è stato tuttavia appurato, con l'ausilio del programma LIQUITER della Ditta Geostru, che il primo sottosuolo presenta un rischio di liquefazione molto basso.

Sulla base dei parametri geomeccanici del terreno acquisiti con le indagini si è infine proceduto alla valutazione del peso di volume (γ), dell'angolo di attrito interno (ϕ), della coesione non drenata (C_u), della coesione efficace (c'), del modulo edometrico (M_o) e del modulo elastico (E) per gli strati che caratterizzano il primo sottosuolo. In conformità con quanto prescritto dal D.M. 17/01/2018, suddetti valori potranno essere utilizzati per un predimensionamento strutturale.

Come sottolineato, alla base di una coltre superficiale di natura prevalentemente coesiva sono presenti sabbie limose, sabbie e ghiaie, materiali permeabili sede di un primo acquifero. In sintonia con le indicazioni della carta idrogeologica di PSC che nel territorio valutano una soggiacenza della falda compresa tra i 4.5 m ed i 6.5 m, in un foro di sonda delle prove, al termine della prospezione, essa è stata misurata a 6 m di profondità rispetto alla quota del piano campagna. Pur ritenendo giustificata una variabilità del livello in relazione all'andamento pluviometrico stagionale, ritenen-

dola contenuta, anche nell'ipotesi di eventuali piani interrati, ben difficilmente vi potrà essere interazione con il piano d'appoggio delle fondazioni. La risalita dell'acquifero è del resto impedita dalla coltre di argille che ricoprono le ghiaie; la loro presenza, tale da consentire il ristagno e di conseguenza anche l'ammollimento del terreno, obbliga tuttavia a procedere ad una corretta raccolta ed allontanamento di tutte le acque meteoriche e di scarico che dovrà essere effettuato, in direzione della rete fognaria principale, utilizzando tubazioni e raccordi a perfetta tenuta.

In perizia, ai sensi del D.G.R. n° 1300 del 01/08/2016, sono state fornite indicazioni in relazione al rischio idraulico restituendo, secondo le direttive dell'art. 6 dalla Direttiva Europea 2007/60/CE e dell'art. 6 del D.Lgs. 49/2010, le specifiche mappe della pericolosità e degli elementi potenzialmente esposti differenziandole rispetto agli ambiti territoriali in cui viene restituita una distinzione fra un "reticolo naturale principale e secondario" ed un "reticolo secondario di pianura".

In relazione ad esse lo studio si propone di fornire le necessarie indicazioni ed accorgimenti per mitigare il rischio e garantire la compatibilità degli interventi con le condizioni di pericolosità; a verifica, in relazione alle dimensioni ed alle caratteristiche idrauliche del territorio viene restituita una valutazione della portata critica di progetto, da tenersi in debita considerazione nel calcolo delle strutture destinate alla laminazione delle portate meteoriche in uscita dal comparto.

Essendo presenti nei primi metri argille ad elevata componente organica, sensibili a forme di ritiro in concomitanza di stagioni, come le ultime estive, particolarmente siccitose, tenendo altresì presente che la falda può essere soggetta ad abbassamenti in questi periodi, condizione che ulteriormente incrementa questi effetti, è altresì consigliabile che non si proceda ad estese impermeabilizzazioni, consentendo pertanto una sufficiente permeabilità dell'area. In vicinanza dei fabbricati non dovranno inoltre essere messe a dimora piante a radice profonda idroesigenti, quali ad esempio aceri e betulle, alberi d'alto fusto in grado con i loro estesi apparati radicali di ulteriormente incrementare questi pericolosi fenomeni e contribuire ad innescare cedimenti di origine secondaria tali da compromettere nel tempo la staticità delle strutture in elevazione.

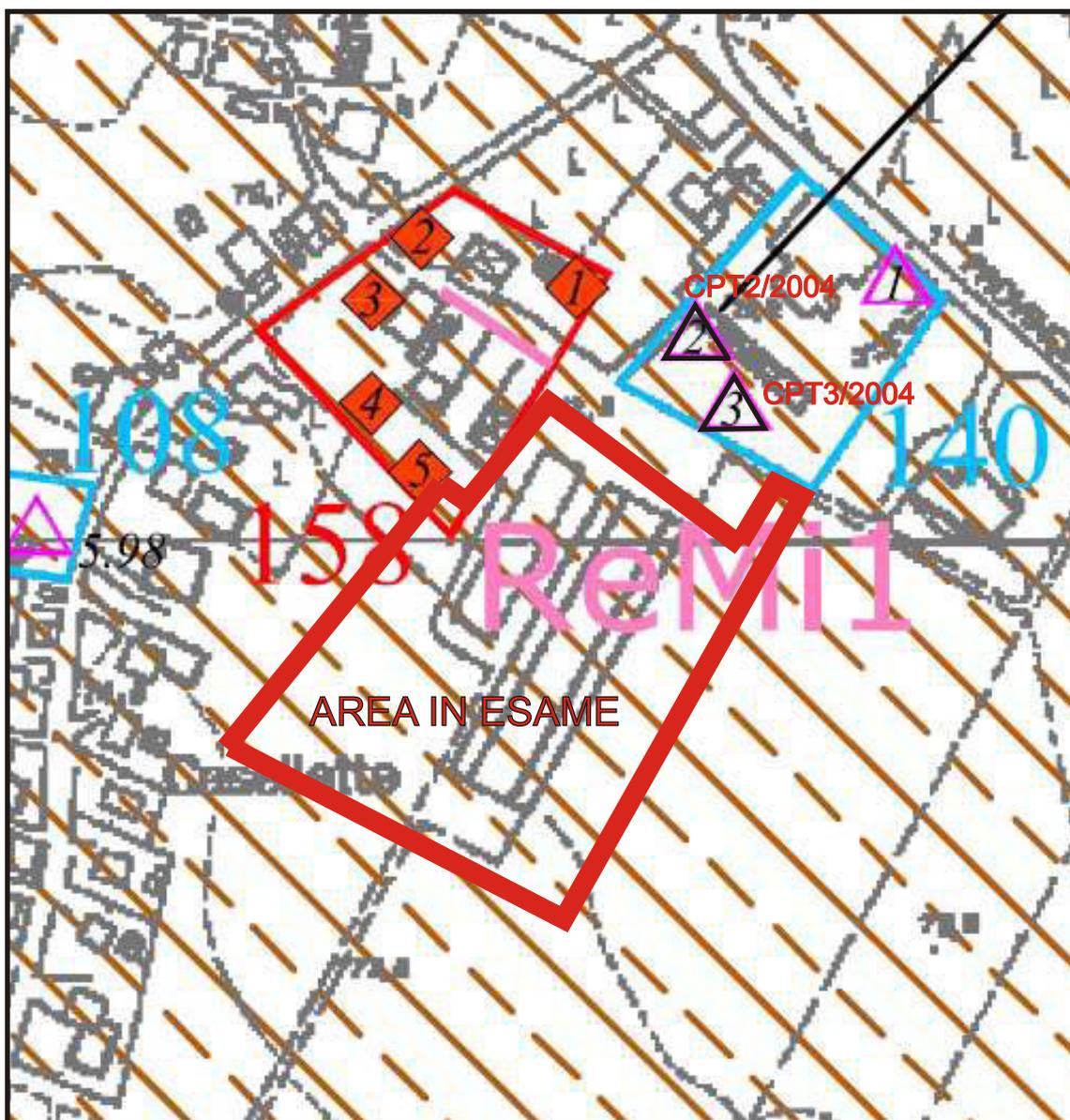
Nel rispetto di quanto in precedenza esposto e delle disposizioni delle leggi vigenti, siano esse nazionali che regionali (D.M. 17/01/2018 “Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni”), che prescrivono un’attenta verifica dell’idoneità delle strutture in funzione delle caratteristiche del primo sottosuolo e quindi un’analisi mirata per i singoli edifici, si attesta l’idoneità dell’area ai fini edilizi e si concede quindi parere geologico favorevole.

Scandiano, 21 dicembre 2018



ALLEGATI

UBICAZIONE INDAGINI PENETROMETRICHE ED INDAGINE SISMICA RE.MI.



- PROVE PENETROMETRICHE STATICHE -



DIAGRAMMI DI RESISTENZA

-

TABELLE E VALORI DI RESISTENZA

-

VALUTAZIONI LITOLOGICHE

-

PARAMETRI GEOTECNICI

LEGENDA VALORI DI RESISTENZA

Strumento utilizzato:

PENETROMETRO STATICO tipo:

Caratteristiche:

- punta conica meccanica \varnothing 35.7 mm, angolo di apertura $\alpha = 60^\circ$ - (area punta $A_p = 10 \text{ cm}^2$)
- manicotto laterale di attrito tipo 'Begemann' (\varnothing 35.7 mm - h 133 mm - sup. lat. $A_m = 150 \text{ cm}^2$)
- velocità di avanzamento costante $V = 2 \text{ cm / sec } (\pm 0,5 \text{ cm / sec})$
- spinta max nominale dello strumento S_{max} variabile a seconda del tipo
- costante di trasformazione (lett. \Rightarrow Spinta) $C_t = \text{SPINTA (Kg)} / \text{LETTURA DI CAMPAGNA}$

$$\text{fase 1 - resistenza alla punta} \quad R_p \text{ (Kg / cm}^2\text{)} = (\text{L. punta}) C_t / 10$$

$$\text{fase 2 - resistenza laterale locale} \quad R_L \text{ (Kg / cm}^2\text{)} = [(\text{L. laterale}) - (\text{L. punta})] C_t / 150$$

$$\text{fase 3 - resistenza totale} \quad R_t \text{ (Kg)} = (\text{L. totale}) C_t$$

$$R_p / R_L = \text{'rapporto Begemann'}$$

- L. punta = lettura di campagna durante l' infissione della sola punta (fase 1)
- L. laterale = lettura di campagna relativa all'infissione di punta e manicotto (fase 2)
- L. totale = lettura di campagna relativa all'infissione delle aste esterne (fase 3)

N.B. : la spinta S (Kg) , corrispondente a ciascuna fase , si ottiene moltiplicando la corrispondente lettura di campagna L per la costante di trasformazione C_t .

N.B. : causa la distanza intercorrente (20 cm circa) fra il manicotto laterale e la punta conica del penetrometro , la resistenza laterale locale R_L viene computata 20 cm sopra la punta .

CONVERSIONI

$$1 \text{ kN (kiloNewton)} = 1000 \text{ N} \approx 100 \text{ kg} = 0,1 \text{ t} - 1 \text{ MN (megaNewton)} = 1000 \text{ kN} = 1000000 \text{ N} \approx 100 \text{ t}$$

$$1 \text{ kPa (kiloPascal)} = 1 \text{ kN/m}^2 = 0,001 \text{ MN/m}^2 = 0,001 \text{ MPa} \approx 0,1 \text{ t/m}^2 = 0,01 \text{ kg/cm}^2$$

$$1 \text{ MPa (MegaPascal)} = 1 \text{ MN/m}^2 = 1000 \text{ kN/m}^2 = 1000 \text{ kPa} \approx 100 \text{ t/m}^2 = 10 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{kg/cm}^2 = 10 \text{ t/m}^2 \approx 100 \text{ kN/m}^2 = 100 \text{ kPa} = 0,1 \text{ MN/m}^2 = 0,1 \text{ Mpa}$$

$$1 \text{ t} = 1000 \text{ kg} \approx 10 \text{ kN}$$

LEGENDA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

Valutazioni in base al rapporto: $F = (R_p / R_L)$

(Begemann 1965 - Raccomandazioni A.G.I. 1977)

valide in via approssimata per terreni immersi in falda :

| F = R_p / R_L | NATURA LITOLOGICA | PROPRIETA' |
|-----------------|-------------------------------|------------|
| F < 15 | TORBE ED ARGILLE ORGANICHE | COESIVE |
| 15 < F ≤ 30 | LIMI ED ARGILLE | COESIVE |
| 30 < F ≤ 60 | LIMI SABBIOSI E SABBIE LIMOSE | GRANULARI |
| F > 60 | SABBIE E SABBIE CON GHIAIA | GRANULARI |

Vengono inoltre riportate le valutazioni stratigrafiche fornite da Schmertmann (1978), ricavabili in base ai valori di R_p e di $FR = (R_L / R_p) \%$:

- AO = argilla organica e terreni misti
- Att = argilla (inorganica) molto tenera
- At = argilla (inorganica) tenera
- Am = argilla (inorganica) di media consistenza
- Ac = argilla (inorganica) consistente
- Acc = argilla (inorganica) molto consistente
- ASL = argilla sabbiosa e limosa
- SAL = sabbia e limo / sabbia e limo argilloso
- Ss = sabbia sciolta
- Sm = sabbia mediamente addensata
- Sd = sabbia densa o cementata
- SC = sabbia con molti fossili, calcareniti

Secondo Schmertmann il valore della resistenza laterale da usarsi, dovrebbe essere pari a:

- $1/3 \pm 1/2$ di quello misurato , per depositi sabbiosi
- quello misurato (inalterato) , per depositi coesivi.

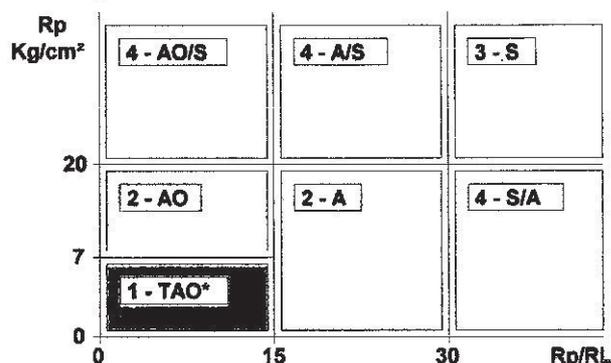
LEGENDA PARAMETRI GEOTECNICI

SCELTE LITOLOGICHE (validità orientativa)

Le scelte litologiche vengono effettuate in base al rapporto R_p / R_L
(Begemann 1965 -Raccomandazioni A.G.I. 1977), prevedendo altresì la possibilità di casi dubbi :

$R_p \leq 20 \text{ kg/cm}^2$: possibili terreni COESIVI anche se $(R_p / R_L) > 30$

$R_p \geq 20 \text{ kg/cm}^2$: possibili terreni GRANULARI anche se $(R_p / R_L) < 30$



NATURA LITOLOGICA

- 1 - COESIVA (TORBOSA) ALTA COMPRIMIBILITA'
- 2 - COESIVA IN GENERE
- 3 - GRANULARE
- 4 - COESIVA / GRANULARE

PARAMETRI GEOTECNICI (validità orientativa) - simboli - correlazioni - bibliografia

- γ' = peso dell' unità di volume (efficace) del terreno [correlazioni : γ' - R_p - natura]
(Terzaghi & Peck 1967 -Bowles 1982)
- σ'_{vo} = tensione verticale geostatica (efficace) del terreno (valutata in base ai valori di γ')
- C_u = coesione non drenata (terreni coesivi) [correlazioni : C_u - R_p]
- OCR = grado di sovra consolidazione (terreni coesivi) [correlazioni : OCR - C_u - σ'_{vo}]
(Ladd et al. 1972 / 1974 / 1977 - Lancellotta 1983)
- Eu = modulo di deformazione non drenato (terr.coes.) [correl. : Eu - C_u - OCR - I_p I_p = ind.plast.]
Eu50 - Eu25 corrispondono rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico pari al 50-25% (Duncan & Buchigani 1976)
- E' = modulo di deformazione drenato (terreni granulari) [correlazioni : E' - R_p]
E'50 - E'25 corrispondono rispettivamente ad un grado di mobilitazione dello sforzo deviatorico pari al 50-25% (coeff. di sicurezza F = 2 - 4 rispettivamente)
(Schmertmann 1970 / 1978 - Jamiolkowski et al. 1983)
- Mo = modulo di deformazione edometrico (terreni coesivi e granulari) [correl. : Mo - R_p - natura]
(Sanglerat 1972 - Mitchell & Gardner 1975 - Ricceri et al. 1974 - Holden 1973)
- Dr = densità relativa (terreni gran. N. C. - normalmente consolidati)
[correlazioni : Dr - R_p - σ'_{vo}] (Schmertmann 1976)
- ϕ' = angolo di attrito interno efficace (terreni granulari N.C.) [correl. : ϕ' - Dr - R_p - σ'_{vo}]
(Schmertmann 1978 - Durgunoglu & Mitchell 1975 - Meyerhof 1956 / 1976)
Ø1s - (Schmertmann) sabbia fine uniforme Ø2s - sabbia media unif./ fine ben gradata
Ø3s - sabbia grossa unif./ media ben gradata Ø4s - sabbia-ghiaia poco lim./ ghiaietto unif.
Ødm - (Durgunoglu & Mitchell) sabbie N.C. Ømy - (Meyerhof) sabbie limose
- Amax = accelerazione al suolo che può causare liquefazione (terreni granulari)
(g = acc.gravità)(Seed & Idriss 1971 - Sirio 1976) [correlazioni : (Amax/g) - Dr]

PROVA PENETROMETRICA STATICA
LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA

CPT 2

2.010496-059

- committente : Ditta "WALTER LUSETTI" di Lusetti Giuliano
- lavoro : Richiesta di variante al P.R.G.
- località : Via per Casalgrande, 6 - Arceto di Scandiano (RE)
- note :

- data : 24/11/2004
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 6,00 m da quota inizio
- pagina : 1

| prf | LP | LL | Rp | RL | Rp/RI | prf | LP | LL | Rp | RL | Rp/RI |
|-------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------|--------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------|
| m | Kg/cm ² | Kg/cm ² | Kg/cm ² | Kg/cm ² | - | m | Kg/cm ² | Kg/cm ² | Kg/cm ² | Kg/cm ² | - |
| 0,20 | 5,0 | ---- | 10,0 | 0,07 | 150,0 | 5,20 | 6,5 | 12,0 | 13,0 | 1,33 | 10,0 |
| 0,40 | 6,5 | 7,0 | 13,0 | 0,73 | 18,0 | 5,40 | 60,0 | 70,0 | 120,0 | 0,27 | 450,0 |
| 0,60 | 7,5 | 13,0 | 15,0 | 0,93 | 16,0 | 5,60 | 73,0 | 75,0 | 146,0 | 1,33 | 109,0 |
| 0,80 | 7,0 | 14,0 | 14,0 | 0,80 | 17,0 | 5,80 | 40,0 | 50,0 | 80,0 | 0,67 | 120,0 |
| 1,00 | 9,5 | 15,5 | 19,0 | 1,33 | 14,0 | 6,00 | 75,0 | 80,0 | 150,0 | 2,00 | 75,0 |
| 1,20 | 9,5 | 19,5 | 19,0 | 1,40 | 14,0 | 6,20 | 70,0 | 85,0 | 140,0 | 2,00 | 70,0 |
| 1,40 | 13,5 | 24,0 | 27,0 | 1,73 | 16,0 | 6,40 | 65,0 | 80,0 | 130,0 | 2,67 | 49,0 |
| 1,60 | 17,0 | 30,0 | 34,0 | 1,60 | 21,0 | 6,60 | 100,0 | 120,0 | 200,0 | 3,33 | 60,0 |
| 1,80 | 20,0 | 32,0 | 40,0 | 1,93 | 21,0 | 6,80 | 70,0 | 95,0 | 140,0 | 0,67 | 210,0 |
| 2,00 | 18,0 | 32,5 | 36,0 | 2,93 | 12,0 | 7,00 | 30,0 | 35,0 | 60,0 | 1,33 | 45,0 |
| 2,20 | 23,0 | 45,0 | 46,0 | 3,13 | 15,0 | 7,20 | 140,0 | 150,0 | 280,0 | 5,33 | 52,0 |
| 2,40 | 21,5 | 45,0 | 43,0 | 2,20 | 20,0 | 7,40 | 55,0 | 95,0 | 110,0 | 1,33 | 82,0 |
| 2,60 | 16,5 | 33,0 | 33,0 | 2,07 | 16,0 | 7,60 | 90,0 | 100,0 | 180,0 | 0,67 | 270,0 |
| 2,80 | 13,5 | 29,0 | 27,0 | 1,33 | 20,0 | 7,80 | 135,0 | 140,0 | 270,0 | 2,67 | 101,0 |
| 3,00 | 14,0 | 24,0 | 28,0 | 1,33 | 21,0 | 8,00 | 50,0 | 70,0 | 100,0 | 0,67 | 150,0 |
| 3,20 | 10,0 | 20,0 | 20,0 | 1,07 | 19,0 | 8,20 | 125,0 | 130,0 | 250,0 | 0,67 | 375,0 |
| 3,40 | 9,5 | 17,5 | 19,0 | 1,07 | 18,0 | 8,40 | 120,0 | 125,0 | 240,0 | 0,67 | 360,0 |
| 3,60 | 9,0 | 17,0 | 18,0 | 1,27 | 14,0 | 8,60 | 125,0 | 130,0 | 250,0 | 0,67 | 375,0 |
| 3,80 | 8,5 | 18,0 | 17,0 | 1,07 | 16,0 | 8,80 | 95,0 | 100,0 | 190,0 | 1,33 | 142,0 |
| 4,00 | 6,0 | 14,0 | 12,0 | 1,07 | 11,0 | 9,00 | 55,0 | 65,0 | 110,0 | 2,00 | 55,0 |
| 4,20 | 6,0 | 14,0 | 12,0 | 0,60 | 20,0 | 9,20 | 55,0 | 70,0 | 110,0 | 1,33 | 82,0 |
| 4,40 | 8,5 | 13,0 | 17,0 | 0,87 | 20,0 | 9,40 | 70,0 | 80,0 | 140,0 | 1,33 | 105,0 |
| 4,60 | 5,5 | 12,0 | 11,0 | 0,67 | 16,0 | 9,60 | 55,0 | 65,0 | 110,0 | 1,33 | 82,0 |
| 4,80 | 5,5 | 10,5 | 11,0 | 0,53 | 21,0 | 9,80 | 70,0 | 80,0 | 140,0 | 1,33 | 105,0 |
| 5,00 | 6,0 | 10,0 | 12,0 | 0,73 | 16,0 | 10,00 | 90,0 | 100,0 | 180,0 | ----- | ---- |

- PENETROMETRO STATICO tipo GOUDA da 10 t - (con anello allargatore) -
- COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 20 - Velocità Avanzamento punta 2 cm/s
- punta meccanica tipo Begemann $\phi = 35.7$ mm (area punta 10 cm² - apertura 60°)
- manicotto laterale (superficie 150 cm²)

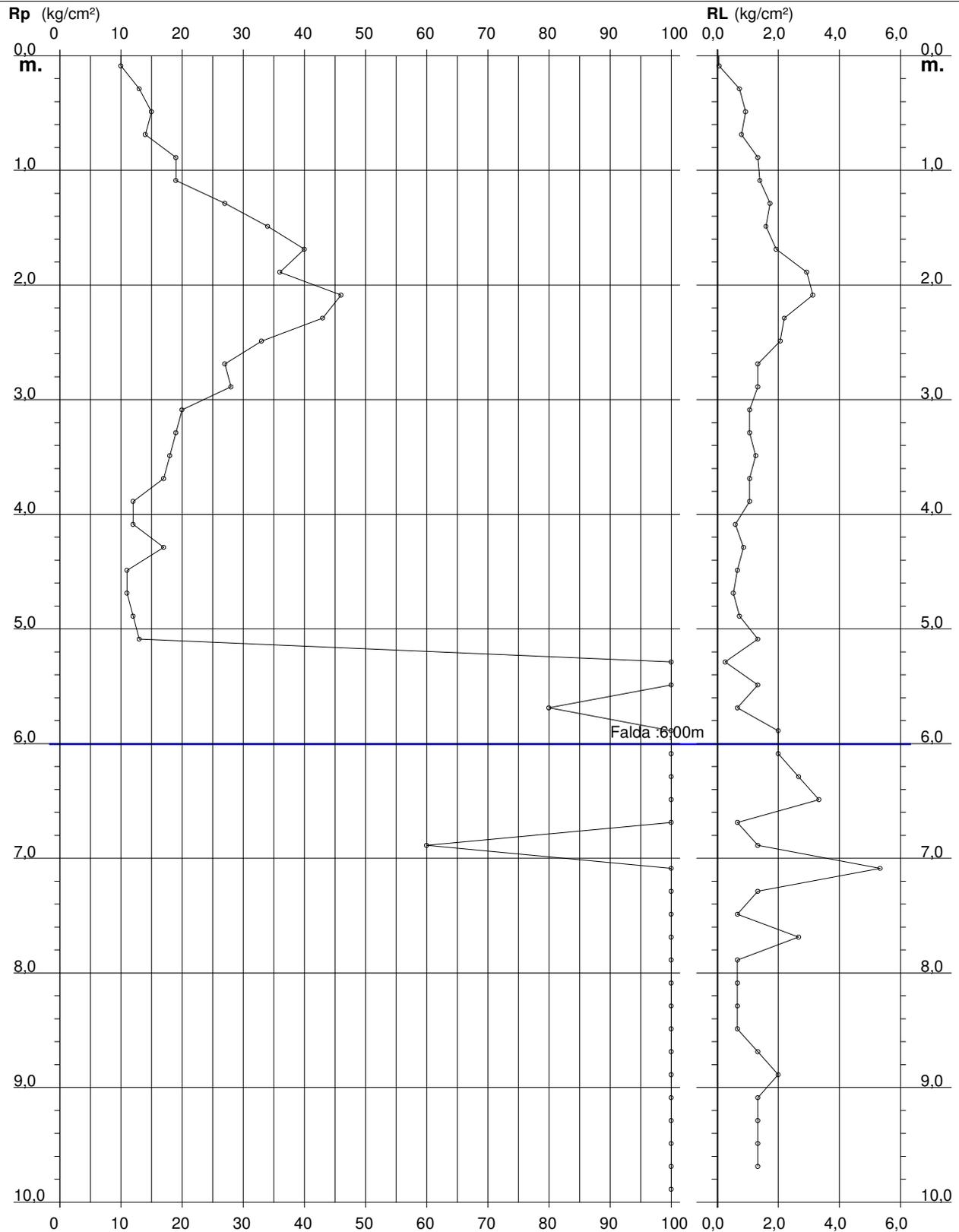
PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 2

2.010496-059

- committente : Ditta "WALTER LUSETTI" di Lusetti Giuliano
- lavoro : Richiesta di variante al P.R.G.
- località : Via per Casalgrande, 6 - Arceto di Scandiano (RE)

- data : 24/11/2004
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 6,00 m da quota inizio
- scala vert.: 1 : 50



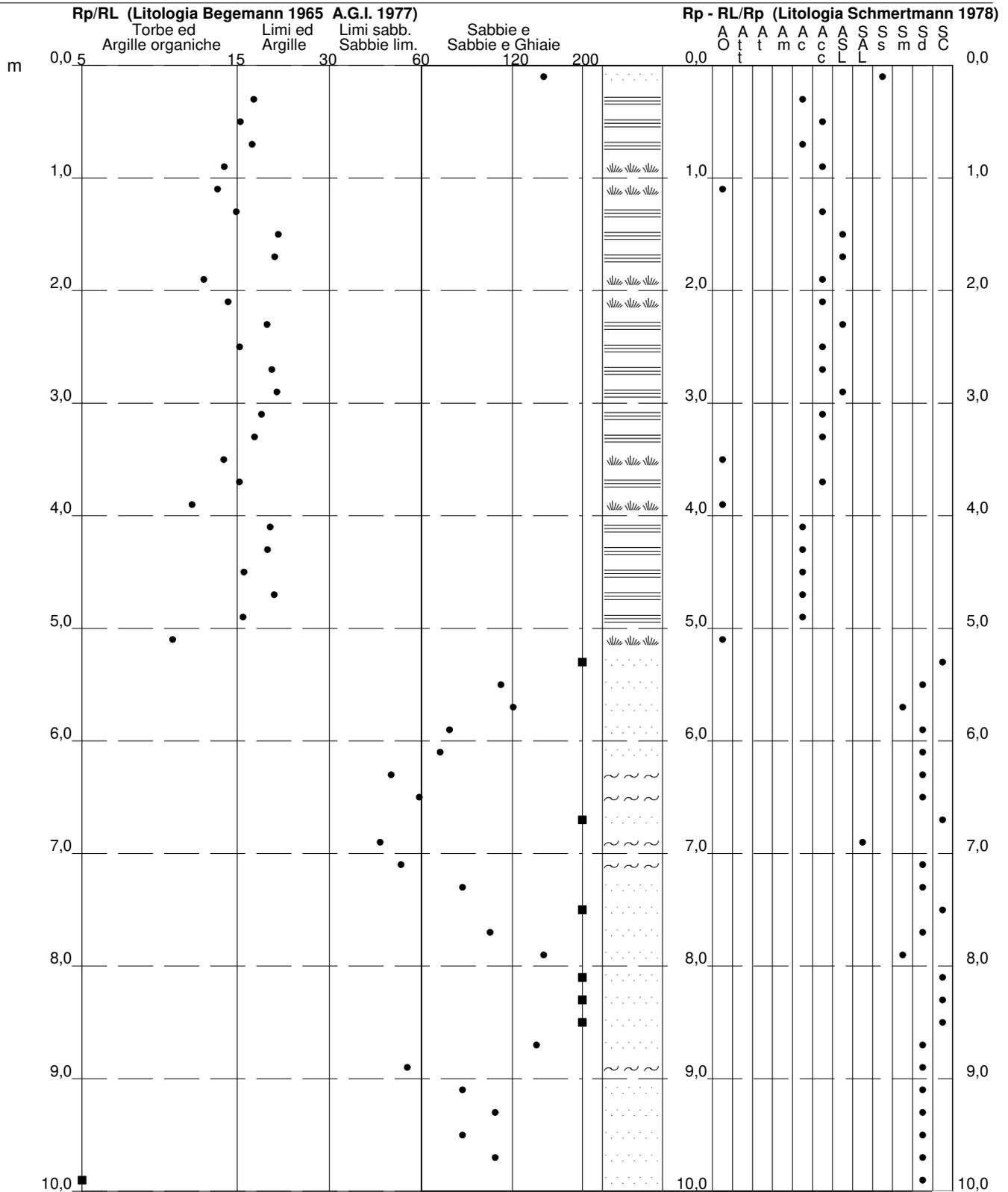
PROVA PENETROMETRICA STATICA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

CPT 2

2.010496-059

- committente : Ditta "WALTER LUSETTI" di Lusetti Giuliano
 - lavoro : Richiesta di variante al P.R.G.
 - località : Via per Casalgrande, 6 - Arceto di Scandiano (RE)
 - note :

- data : 24/11/2004
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : 6,00 m da quota inizio
 - scala vert.: 1 : 50



PROVA PENETROMETRICA STATICA TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI

CPT 2

2.010496-059

- committente : Ditta "WALTER LUSETTI" di Lusetti Giuliano
- lavoro : Richiesta di variante al P.R.G.
- località : Via per Casalgrande, 6 - Arceto di Scandiano (RE)
- note :

- data : 24/11/2004
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : 6,00 m da quota inizio
- pagina : 1

| NATURA COESIVA | | | | | | | | | | NATURA GRANULARE | | | | | | | | | | | |
|----------------|-----------------------|-----------|---------------|---------------------|-------------------------|-----------------------|---------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|
| Prof. m | Rp kg/cm ² | Rp/RI (-) | Natura Litol. | Y' t/m ³ | p'vo kg/cm ² | Cu kg/cm ² | OCR (-) | Eu50 kg/cm ² | Eu25 kg/cm ² | Mo kg/cm ² | Dr % | ø1s (°) | ø2s (°) | ø3s (°) | ø4s (°) | ødm (°) | ømy (°) | Amax/g (-) | E'50 kg/cm ² | E'25 kg/cm ² | Mo kg/cm ² |
| 0,20 | 10 | 150 | 4/3 | 1,85 | 0,04 | 0,50 | 99,9 | 85 | 128 | 40 | 73 | 38 | 40 | 42 | 44 | 41 | 26 | 0,169 | 17 | 25 | 30 |
| 0,40 | 13 | 18 | 2/III | 1,85 | 0,07 | 0,60 | 86,7 | 103 | 154 | 47 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 0,60 | 15 | 16 | 2/III | 1,85 | 0,11 | 0,67 | 59,0 | 113 | 170 | 50 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 0,80 | 14 | 17 | 2/III | 1,85 | 0,15 | 0,64 | 38,9 | 108 | 162 | 48 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 1,00 | 19 | 14 | 2/III | 1,85 | 0,19 | 0,78 | 37,7 | 132 | 198 | 58 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 1,20 | 19 | 14 | 2/III | 1,85 | 0,22 | 0,78 | 30,0 | 132 | 198 | 58 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 1,40 | 27 | 16 | 4/3 | 1,85 | 0,26 | 0,95 | 31,8 | 161 | 242 | 81 | 60 | 36 | 38 | 41 | 43 | 37 | 28 | 0,130 | 45 | 68 | 81 |
| 1,60 | 34 | 21 | 4/3 | 1,85 | 0,30 | 1,13 | 33,6 | 193 | 289 | 102 | 65 | 37 | 39 | 41 | 43 | 38 | 29 | 0,143 | 57 | 85 | 102 |
| 1,80 | 40 | 21 | 4/3 | 1,85 | 0,33 | 1,33 | 35,6 | 227 | 340 | 120 | 67 | 37 | 39 | 41 | 43 | 38 | 30 | 0,151 | 67 | 100 | 120 |
| 2,00 | 36 | 12 | 4/3 | 1,85 | 0,37 | 1,20 | 27,3 | 204 | 306 | 108 | 61 | 37 | 39 | 41 | 43 | 37 | 30 | 0,134 | 60 | 90 | 108 |
| 2,20 | 46 | 15 | 4/3 | 1,85 | 0,41 | 1,53 | 33,0 | 261 | 391 | 138 | 67 | 37 | 39 | 41 | 43 | 38 | 31 | 0,151 | 77 | 115 | 138 |
| 2,40 | 43 | 20 | 4/3 | 1,85 | 0,44 | 1,43 | 27,2 | 244 | 366 | 129 | 63 | 37 | 39 | 41 | 43 | 37 | 30 | 0,138 | 72 | 108 | 129 |
| 2,60 | 33 | 16 | 4/3 | 1,85 | 0,48 | 1,10 | 17,7 | 187 | 281 | 99 | 52 | 35 | 37 | 40 | 42 | 35 | 29 | 0,108 | 55 | 83 | 99 |
| 2,80 | 27 | 20 | 4/3 | 1,85 | 0,52 | 0,95 | 13,4 | 161 | 242 | 81 | 43 | 34 | 36 | 39 | 41 | 33 | 28 | 0,087 | 45 | 68 | 81 |
| 3,00 | 28 | 21 | 4/3 | 1,85 | 0,55 | 0,97 | 12,5 | 164 | 246 | 84 | 43 | 34 | 36 | 39 | 41 | 33 | 28 | 0,086 | 47 | 70 | 84 |
| 3,20 | 20 | 19 | 4/3 | 1,85 | 0,59 | 0,80 | 9,1 | 141 | 211 | 60 | 29 | 32 | 35 | 37 | 40 | 31 | 27 | 0,057 | 33 | 50 | 60 |
| 3,40 | 19 | 18 | 2/III | 1,85 | 0,63 | 0,78 | 8,2 | 150 | 225 | 58 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 3,60 | 18 | 14 | 2/III | 1,85 | 0,67 | 0,75 | 7,3 | 165 | 247 | 56 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 3,80 | 17 | 16 | 2/III | 1,85 | 0,70 | 0,72 | 6,5 | 181 | 272 | 54 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 4,00 | 12 | 11 | 2/III | 1,85 | 0,74 | 0,57 | 4,5 | 206 | 309 | 45 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 4,20 | 12 | 20 | 2/III | 1,85 | 0,78 | 0,57 | 4,3 | 217 | 326 | 45 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 4,40 | 17 | 20 | 2/III | 1,85 | 0,81 | 0,72 | 5,4 | 221 | 332 | 54 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 4,60 | 11 | 16 | 2/III | 1,85 | 0,85 | 0,54 | 3,5 | 240 | 360 | 42 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 4,80 | 11 | 21 | 2/III | 1,85 | 0,89 | 0,54 | 3,3 | 249 | 374 | 42 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 5,00 | 12 | 16 | 2/III | 1,85 | 0,93 | 0,57 | 3,4 | 260 | 391 | 45 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 5,20 | 13 | 10 | 2/III | 1,85 | 0,96 | 0,60 | 3,5 | 271 | 407 | 47 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 5,40 | 120 | 450 | 3:III | 1,85 | 1,00 | -- | -- | -- | -- | -- | 78 | 39 | 41 | 42 | 44 | 38 | 35 | 0,185 | 200 | 300 | 360 |
| 5,60 | 146 | 109 | 3:III | 1,85 | 1,04 | -- | -- | -- | -- | -- | 84 | 40 | 41 | 43 | 45 | 39 | 36 | 0,203 | 243 | 365 | 438 |
| 5,80 | 80 | 120 | 3:III | 1,85 | 1,07 | -- | -- | -- | -- | -- | 63 | 37 | 39 | 41 | 43 | 35 | 33 | 0,138 | 133 | 200 | 240 |
| 6,00 | 150 | 75 | 3:III | 1,08 | 1,09 | -- | -- | -- | -- | -- | 84 | 40 | 41 | 43 | 45 | 39 | 36 | 0,202 | 250 | 375 | 450 |
| 6,20 | 140 | 70 | 3:III | 1,06 | 1,12 | -- | -- | -- | -- | -- | 81 | 39 | 41 | 43 | 44 | 38 | 36 | 0,193 | 233 | 350 | 420 |
| 6,40 | 130 | 49 | 3:III | 1,05 | 1,14 | -- | -- | -- | -- | -- | 78 | 39 | 41 | 42 | 44 | 38 | 35 | 0,183 | 217 | 325 | 390 |
| 6,60 | 200 | 60 | 3:III | 1,15 | 1,16 | -- | -- | -- | -- | -- | 92 | 41 | 42 | 44 | 45 | 39 | 38 | 0,231 | 333 | 500 | 600 |
| 6,80 | 140 | 210 | 3:III | 1,06 | 1,18 | -- | -- | -- | -- | -- | 79 | 39 | 41 | 43 | 44 | 38 | 36 | 0,188 | 233 | 350 | 420 |
| 7,00 | 60 | 45 | 3:III | 0,93 | 1,20 | -- | -- | -- | -- | -- | 50 | 35 | 37 | 40 | 42 | 33 | 32 | 0,104 | 100 | 150 | 180 |
| 7,20 | 280 | 52 | 3:III | 1,15 | 1,22 | -- | -- | -- | -- | -- | 100 | 42 | 43 | 45 | 46 | 41 | 40 | 0,258 | 467 | 700 | 840 |
| 7,40 | 110 | 82 | 3:III | 1,02 | 1,24 | -- | -- | -- | -- | -- | 70 | 38 | 40 | 42 | 44 | 36 | 34 | 0,159 | 183 | 275 | 330 |
| 7,60 | 180 | 270 | 3:III | 1,12 | 1,27 | -- | -- | -- | -- | -- | 86 | 40 | 42 | 43 | 45 | 39 | 37 | 0,211 | 300 | 450 | 540 |
| 7,80 | 270 | 101 | 3:III | 1,15 | 1,29 | -- | -- | -- | -- | -- | 100 | 42 | 43 | 45 | 46 | 40 | 40 | 0,258 | 450 | 675 | 810 |
| 8,00 | 100 | 150 | 3:III | 1,00 | 1,31 | -- | -- | -- | -- | -- | 65 | 37 | 39 | 41 | 43 | 35 | 34 | 0,146 | 167 | 250 | 300 |
| 8,20 | 250 | 375 | 3:III | 1,15 | 1,33 | -- | -- | -- | -- | -- | 96 | 42 | 43 | 44 | 46 | 40 | 39 | 0,246 | 417 | 625 | 750 |
| 8,40 | 240 | 360 | 3:III | 1,15 | 1,35 | -- | -- | -- | -- | -- | 95 | 41 | 43 | 44 | 46 | 40 | 39 | 0,239 | 400 | 600 | 720 |
| 8,60 | 250 | 375 | 3:III | 1,15 | 1,38 | -- | -- | -- | -- | -- | 96 | 41 | 43 | 44 | 46 | 40 | 39 | 0,243 | 417 | 625 | 750 |
| 8,80 | 190 | 142 | 3:III | 1,14 | 1,40 | -- | -- | -- | -- | -- | 86 | 40 | 42 | 43 | 45 | 39 | 37 | 0,209 | 317 | 475 | 570 |
| 9,00 | 110 | 55 | 3:III | 1,02 | 1,42 | -- | -- | -- | -- | -- | 67 | 37 | 39 | 41 | 43 | 36 | 34 | 0,149 | 183 | 275 | 330 |
| 9,20 | 110 | 82 | 3:III | 1,02 | 1,44 | -- | -- | -- | -- | -- | 66 | 37 | 39 | 41 | 43 | 35 | 34 | 0,148 | 183 | 275 | 330 |
| 9,40 | 140 | 105 | 3:III | 1,06 | 1,46 | -- | -- | -- | -- | -- | 74 | 38 | 40 | 42 | 44 | 37 | 36 | 0,172 | 233 | 350 | 420 |
| 9,60 | 110 | 82 | 3:III | 1,02 | 1,48 | -- | -- | -- | -- | -- | 66 | 37 | 39 | 41 | 43 | 35 | 34 | 0,146 | 183 | 275 | 330 |
| 9,80 | 140 | 105 | 3:III | 1,06 | 1,50 | -- | -- | -- | -- | -- | 74 | 38 | 40 | 42 | 44 | 37 | 36 | 0,170 | 233 | 350 | 420 |
| 10,00 | 180 | -- | 3:III | 1,12 | 1,53 | -- | -- | -- | -- | -- | 82 | 39 | 41 | 43 | 45 | 38 | 37 | 0,196 | 300 | 450 | 540 |

PROVA PENETROMETRICA STATICA
LETTURE DI CAMPAGNA / VALORI DI RESISTENZA

CPT 3

2.010496-059

- committente : Ditta "WALTER LUSETTI" di Lusetti Giuliano
- lavoro : Richiesta di variante al P.R.G.
- località : Via per Casalgrande, 6 - Arceto di Scandiano (RE)
- note :

- data : 24/11/2004
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

| prf | LP | LL | Rp | RL | Rp/RI | prf | LP | LL | Rp | RL | Rp/RI |
|-------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------|-------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------|
| m | Kg/cm ² | Kg/cm ² | Kg/cm ² | Kg/cm ² | - | m | Kg/cm ² | Kg/cm ² | Kg/cm ² | Kg/cm ² | - |
| 0,20 | 5,0 | ---- | 10,0 | 0,07 | 150,0 | 4,80 | 16,5 | 33,5 | 33,0 | 2,53 | 13,0 |
| 0,40 | 7,0 | 7,5 | 14,0 | 0,80 | 17,0 | 5,00 | 16,0 | 35,0 | 32,0 | 3,53 | 9,0 |
| 0,60 | 6,0 | 12,0 | 12,0 | 1,07 | 11,0 | 5,20 | 18,5 | 45,0 | 37,0 | 2,00 | 18,0 |
| 0,80 | 7,5 | 15,5 | 15,0 | 1,40 | 11,0 | 5,40 | 15,0 | 30,0 | 30,0 | 1,80 | 17,0 |
| 1,00 | 8,0 | 18,5 | 16,0 | 1,27 | 13,0 | 5,60 | 11,0 | 24,5 | 22,0 | 1,80 | 12,0 |
| 1,20 | 12,0 | 21,5 | 24,0 | 0,93 | 26,0 | 5,80 | 11,5 | 25,0 | 23,0 | 1,60 | 14,0 |
| 1,40 | 14,5 | 21,5 | 29,0 | 1,33 | 22,0 | 6,00 | 17,0 | 29,0 | 34,0 | 1,80 | 19,0 |
| 1,60 | 10,0 | 20,0 | 20,0 | 1,27 | 16,0 | 6,20 | 18,0 | 31,5 | 36,0 | 1,93 | 19,0 |
| 1,80 | 9,0 | 18,5 | 18,0 | 1,20 | 15,0 | 6,40 | 15,5 | 30,0 | 31,0 | 1,73 | 18,0 |
| 2,00 | 9,0 | 18,0 | 18,0 | 1,00 | 18,0 | 6,60 | 10,0 | 23,0 | 20,0 | 1,73 | 12,0 |
| 2,20 | 10,0 | 17,5 | 20,0 | 1,07 | 19,0 | 6,80 | 15,0 | 28,0 | 30,0 | 2,00 | 15,0 |
| 2,40 | 8,5 | 16,5 | 17,0 | 1,27 | 13,0 | 7,00 | 19,0 | 34,0 | 38,0 | 3,33 | 11,0 |
| 2,60 | 11,5 | 21,0 | 23,0 | 1,67 | 14,0 | 7,20 | 25,0 | 50,0 | 50,0 | 3,33 | 15,0 |
| 2,80 | 13,0 | 25,5 | 26,0 | 1,87 | 14,0 | 7,40 | 20,0 | 45,0 | 40,0 | 3,13 | 13,0 |
| 3,00 | 12,0 | 26,0 | 24,0 | 1,87 | 13,0 | 7,60 | 21,5 | 45,0 | 43,0 | 2,00 | 22,0 |
| 3,20 | 12,0 | 26,0 | 24,0 | 1,53 | 16,0 | 7,80 | 25,0 | 40,0 | 50,0 | 2,47 | 20,0 |
| 3,40 | 11,0 | 22,5 | 22,0 | 1,47 | 15,0 | 8,00 | 21,5 | 40,0 | 43,0 | 2,53 | 17,0 |
| 3,60 | 12,5 | 23,5 | 25,0 | 1,33 | 19,0 | 8,20 | 26,0 | 45,0 | 52,0 | 2,40 | 22,0 |
| 3,80 | 12,0 | 22,0 | 24,0 | 1,47 | 16,0 | 8,40 | 22,0 | 40,0 | 44,0 | 1,47 | 30,0 |
| 4,00 | 12,0 | 23,0 | 24,0 | 1,60 | 15,0 | 8,60 | 24,0 | 35,0 | 48,0 | 3,33 | 14,0 |
| 4,20 | 14,0 | 26,0 | 28,0 | 1,67 | 17,0 | 8,80 | 17,0 | 42,0 | 34,0 | 2,00 | 17,0 |
| 4,40 | 16,0 | 28,5 | 32,0 | 1,87 | 17,0 | 9,00 | 65,0 | 80,0 | 130,0 | 1,33 | 97,0 |
| 4,60 | 18,0 | 32,0 | 36,0 | 2,27 | 16,0 | 9,20 | 110,0 | 120,0 | 220,0 | ----- | ---- |

- PENETROMETRO STATICO tipo GOUDA da 10 t - (con anello allargatore) -
- COSTANTE DI TRASFORMAZIONE Ct = 20 - Velocità Avanzamento punta 2 cm/s
- punta meccanica tipo Begemann $\phi = 35.7$ mm (area punta 10 cm² - apertura 60°)
- manicotto laterale (superficie 150 cm²)

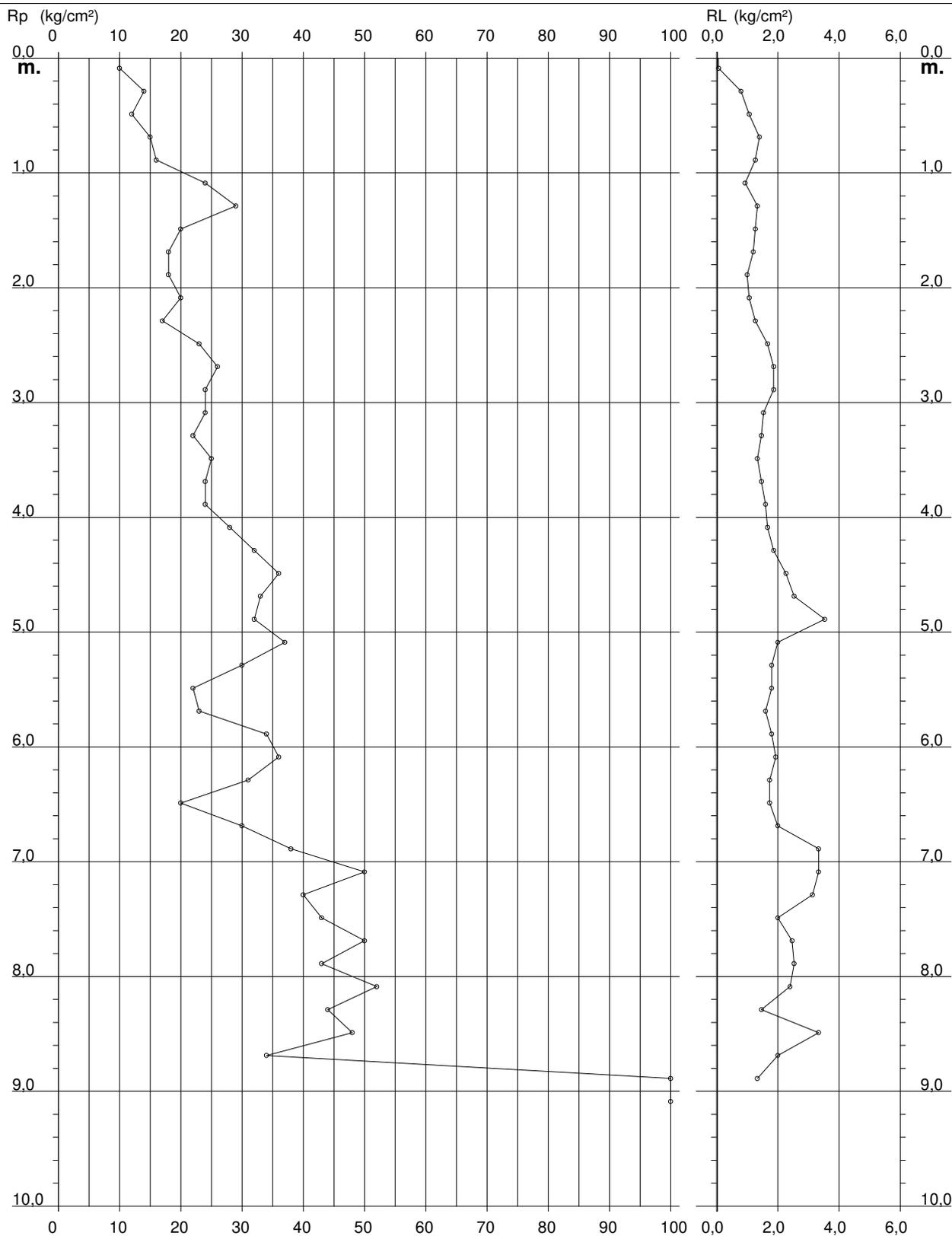
PROVA PENETROMETRICA STATICA DIAGRAMMA DI RESISTENZA

CPT 3

2.010496-059

- committente : Ditta "WALTER LUSETTI" di Lusetti Giuliano
- lavoro : Richiesta di variante al P.R.G.
- località : Via per Casalgrande, 6 - Arceto di Scandiano (RE)

- data : 24/11/2004
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- scala vert.: 1 : 50



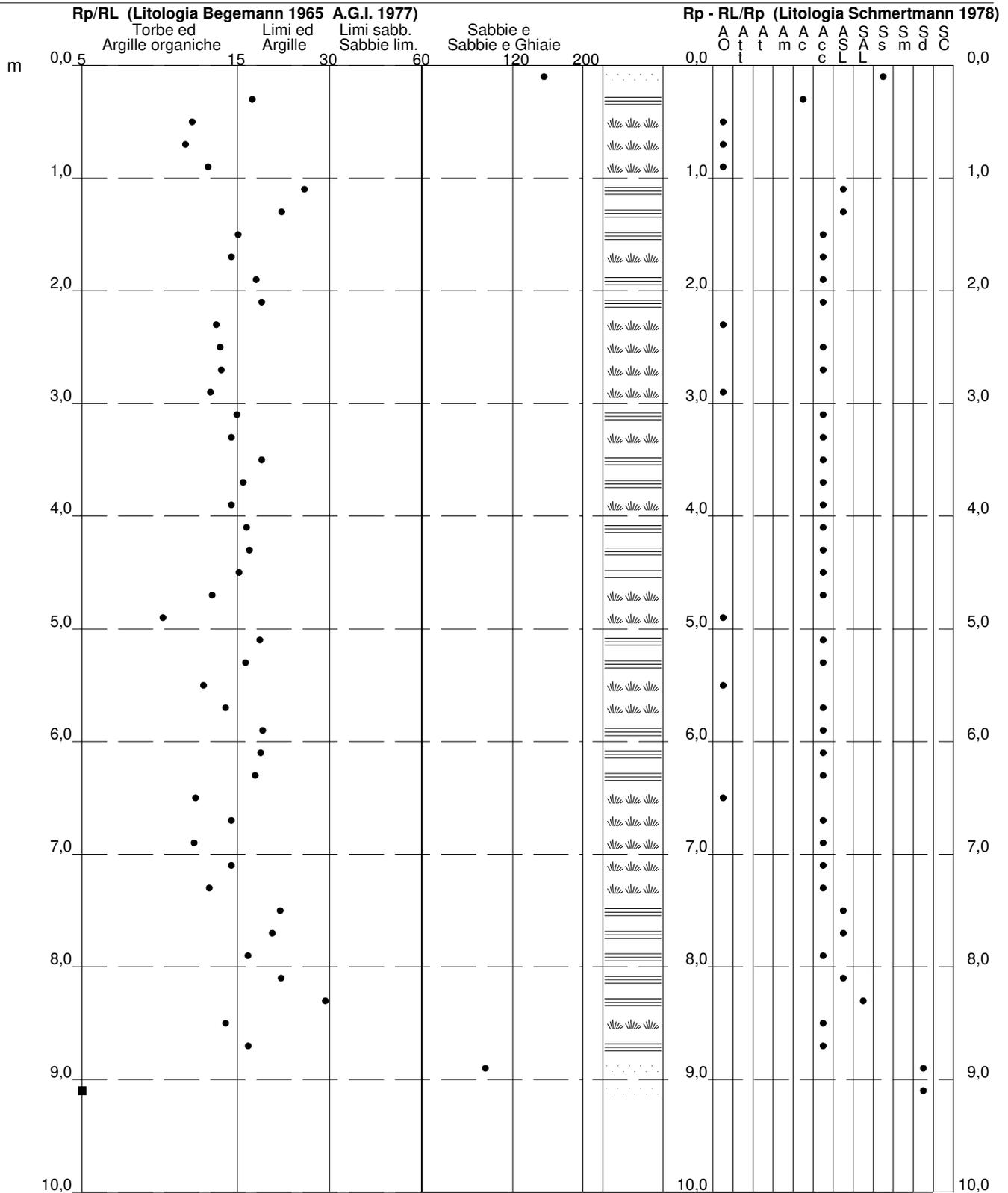
PROVA PENETROMETRICA STATICA VALUTAZIONI LITOLOGICHE

CPT 3

2.010496-059

- committente : Ditta "WALTER LUSETTI" di Lusetti Giuliano
 - lavoro : Richiesta di variante al P.R.G.
 - località : Via per Casalgrande, 6 - Arceto di Scandiano (RE)
 - note :

- data : 24/11/2004
 - quota inizio : Piano Campagna
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - scala vert.: 1 : 50



PROVA PENETROMETRICA STATICA TABELLA PARAMETRI GEOTECNICI

CPT 3

2.010496-059

- committente : Ditta "WALTER LUSETTI" di Lusetti Giuliano
- lavoro : Richiesta di variante al P.R.G.
- località : Via per Casalgrande, 6 - Arceto di Scandiano (RE)
- note :

- data : 24/11/2004
- quota inizio : Piano Campagna
- prof. falda : Falda non rilevata
- pagina : 1

| NATURA COESIVA | | | | | | | | | | NATURA GRANULARE | | | | | | | | | | | |
|----------------|-----------------------|-----------|---------------|---------------------|-------------------------|-----------------------|---------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|
| Prof. m | Rp kg/cm ² | Rp/RI (-) | Natura Litol. | Y' t/m ³ | p'vo kg/cm ² | Cu kg/cm ² | OCR (-) | Eu50 kg/cm ² | Eu25 kg/cm ² | Mo kg/cm ² | Dr % | ø1s (°) | ø2s (°) | ø3s (°) | ø4s (°) | ødm (°) | ømy (°) | Amax/g (-) | E'50 kg/cm ² | E'25 kg/cm ² | Mo kg/cm ² |
| 0,20 | 10 | 150 | 4/::: | 1,85 | 0,04 | 0,50 | 99,9 | 85 | 128 | 40 | 73 | 38 | 40 | 42 | 44 | 41 | 26 | 0,169 | 17 | 25 | 30 |
| 0,40 | 14 | 17 | 2//// | 1,85 | 0,07 | 0,64 | 92,5 | 108 | 162 | 48 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 0,60 | 12 | 11 | 2//// | 1,85 | 0,11 | 0,57 | 48,7 | 97 | 146 | 45 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 0,80 | 15 | 11 | 2//// | 1,85 | 0,15 | 0,67 | 41,2 | 113 | 170 | 50 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 1,00 | 16 | 13 | 2//// | 1,85 | 0,19 | 0,70 | 32,9 | 118 | 177 | 52 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 1,20 | 24 | 26 | 4/::: | 1,85 | 0,22 | 0,89 | 35,6 | 151 | 227 | 72 | 60 | 36 | 38 | 41 | 43 | 37 | 28 | 0,130 | 40 | 60 | 72 |
| 1,40 | 29 | 22 | 4/::: | 1,85 | 0,26 | 0,98 | 33,3 | 167 | 251 | 87 | 62 | 37 | 39 | 41 | 43 | 38 | 29 | 0,137 | 48 | 73 | 87 |
| 1,60 | 20 | 16 | 4/::: | 1,85 | 0,30 | 0,80 | 21,8 | 136 | 204 | 60 | 46 | 34 | 37 | 39 | 42 | 35 | 27 | 0,095 | 33 | 50 | 60 |
| 1,80 | 18 | 15 | 2//// | 1,85 | 0,33 | 0,75 | 17,3 | 128 | 191 | 56 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 2,00 | 18 | 18 | 2//// | 1,85 | 0,37 | 0,75 | 15,2 | 128 | 191 | 56 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 2,20 | 20 | 19 | 4/::: | 1,85 | 0,41 | 0,80 | 14,6 | 136 | 204 | 60 | 39 | 33 | 36 | 38 | 41 | 33 | 27 | 0,077 | 33 | 50 | 60 |
| 2,40 | 17 | 13 | 2//// | 1,85 | 0,44 | 0,72 | 11,6 | 123 | 184 | 54 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- | -- |
| 2,60 | 23 | 14 | 4/::: | 1,85 | 0,48 | 0,87 | 13,1 | 148 | 221 | 69 | 39 | 34 | 36 | 38 | 41 | 33 | 28 | 0,078 | 38 | 58 | 69 |
| 2,80 | 26 | 14 | 4/::: | 1,85 | 0,52 | 0,93 | 13,0 | 158 | 237 | 78 | 42 | 34 | 36 | 39 | 41 | 33 | 28 | 0,084 | 43 | 65 | 78 |
| 3,00 | 24 | 13 | 4/::: | 1,85 | 0,55 | 0,89 | 11,3 | 151 | 227 | 72 | 37 | 33 | 36 | 38 | 41 | 32 | 28 | 0,074 | 40 | 60 | 72 |
| 3,20 | 24 | 16 | 4/::: | 1,85 | 0,59 | 0,89 | 10,4 | 151 | 227 | 72 | 36 | 33 | 36 | 38 | 41 | 32 | 28 | 0,070 | 40 | 60 | 72 |
| 3,40 | 22 | 15 | 4/::: | 1,85 | 0,63 | 0,85 | 9,1 | 149 | 224 | 66 | 31 | 32 | 35 | 38 | 41 | 31 | 28 | 0,060 | 37 | 55 | 66 |
| 3,60 | 25 | 19 | 4/::: | 1,85 | 0,67 | 0,91 | 9,3 | 159 | 238 | 75 | 34 | 33 | 35 | 38 | 41 | 32 | 28 | 0,067 | 42 | 63 | 75 |
| 3,80 | 24 | 16 | 4/::: | 1,85 | 0,70 | 0,89 | 8,4 | 167 | 251 | 72 | 32 | 32 | 35 | 38 | 41 | 31 | 28 | 0,061 | 40 | 60 | 72 |
| 4,00 | 24 | 15 | 4/::: | 1,85 | 0,74 | 0,89 | 7,9 | 178 | 267 | 72 | 30 | 32 | 35 | 38 | 40 | 31 | 28 | 0,058 | 40 | 60 | 72 |
| 4,20 | 28 | 17 | 4/::: | 1,85 | 0,78 | 0,97 | 8,2 | 185 | 278 | 84 | 34 | 33 | 35 | 38 | 41 | 31 | 28 | 0,067 | 47 | 70 | 84 |
| 4,40 | 32 | 17 | 4/::: | 1,85 | 0,81 | 1,07 | 8,8 | 193 | 289 | 96 | 38 | 33 | 36 | 38 | 41 | 32 | 29 | 0,075 | 53 | 80 | 96 |
| 4,60 | 36 | 16 | 4/::: | 1,85 | 0,85 | 1,20 | 9,6 | 206 | 308 | 108 | 41 | 34 | 36 | 39 | 41 | 32 | 30 | 0,082 | 60 | 90 | 108 |
| 4,80 | 33 | 13 | 4/::: | 1,85 | 0,89 | 1,10 | 8,2 | 212 | 318 | 99 | 37 | 33 | 36 | 38 | 41 | 31 | 29 | 0,072 | 55 | 83 | 99 |
| 5,00 | 32 | 9 | 4/::: | 1,85 | 0,93 | 1,07 | 7,5 | 226 | 340 | 96 | 35 | 33 | 35 | 38 | 41 | 31 | 29 | 0,068 | 53 | 80 | 96 |
| 5,20 | 37 | 18 | 4/::: | 1,85 | 0,96 | 1,23 | 8,6 | 228 | 342 | 111 | 39 | 33 | 36 | 38 | 41 | 32 | 30 | 0,077 | 62 | 93 | 111 |
| 5,40 | 30 | 17 | 4/::: | 1,85 | 1,00 | 1,00 | 6,3 | 260 | 391 | 90 | 31 | 32 | 35 | 38 | 40 | 30 | 29 | 0,059 | 50 | 75 | 90 |
| 5,60 | 22 | 12 | 4/::: | 1,85 | 1,04 | 0,85 | 4,9 | 287 | 430 | 66 | 19 | 31 | 34 | 36 | 40 | 28 | 28 | 0,036 | 37 | 55 | 66 |
| 5,80 | 23 | 14 | 4/::: | 1,85 | 1,07 | 0,87 | 4,8 | 298 | 446 | 69 | 20 | 31 | 34 | 36 | 40 | 28 | 28 | 0,038 | 38 | 58 | 69 |
| 6,00 | 34 | 19 | 4/::: | 1,85 | 1,11 | 1,13 | 6,4 | 287 | 430 | 102 | 32 | 33 | 35 | 38 | 41 | 30 | 29 | 0,063 | 57 | 85 | 102 |
| 6,20 | 36 | 19 | 4/::: | 1,85 | 1,15 | 1,20 | 6,6 | 293 | 440 | 108 | 34 | 33 | 35 | 38 | 41 | 31 | 30 | 0,065 | 60 | 90 | 108 |
| 6,40 | 31 | 18 | 4/::: | 1,85 | 1,18 | 1,03 | 5,3 | 323 | 485 | 93 | 28 | 32 | 35 | 37 | 40 | 29 | 29 | 0,053 | 52 | 78 | 93 |
| 6,60 | 20 | 12 | 4/::: | 1,85 | 1,22 | 0,80 | 3,7 | 345 | 517 | 60 | 12 | 30 | 33 | 36 | 39 | 27 | 27 | 0,023 | 33 | 50 | 60 |
| 6,80 | 30 | 15 | 4/::: | 1,85 | 1,26 | 1,00 | 4,7 | 350 | 525 | 90 | 25 | 32 | 34 | 37 | 40 | 29 | 29 | 0,048 | 50 | 75 | 90 |
| 7,00 | 38 | 11 | 4/::: | 1,85 | 1,30 | 1,27 | 6,1 | 341 | 511 | 114 | 32 | 33 | 35 | 38 | 41 | 30 | 30 | 0,063 | 63 | 95 | 114 |
| 7,20 | 50 | 15 | 4/::: | 1,85 | 1,33 | 1,67 | 8,3 | 317 | 476 | 150 | 41 | 34 | 36 | 39 | 41 | 32 | 31 | 0,082 | 83 | 125 | 150 |
| 7,40 | 40 | 13 | 4/::: | 1,85 | 1,37 | 1,33 | 6,1 | 361 | 541 | 120 | 33 | 33 | 35 | 38 | 41 | 30 | 30 | 0,064 | 67 | 100 | 120 |
| 7,60 | 43 | 22 | 4/::: | 1,85 | 1,41 | 1,43 | 6,4 | 364 | 546 | 129 | 35 | 33 | 35 | 38 | 41 | 30 | 30 | 0,068 | 72 | 108 | 129 |
| 7,80 | 50 | 20 | 4/::: | 1,85 | 1,44 | 1,67 | 7,5 | 353 | 530 | 150 | 39 | 33 | 36 | 38 | 41 | 31 | 31 | 0,078 | 83 | 125 | 150 |
| 8,00 | 43 | 17 | 4/::: | 1,85 | 1,48 | 1,43 | 6,0 | 391 | 587 | 129 | 33 | 33 | 35 | 38 | 41 | 30 | 30 | 0,065 | 72 | 108 | 129 |
| 8,20 | 52 | 22 | 4/::: | 1,85 | 1,52 | 1,73 | 7,4 | 373 | 559 | 156 | 39 | 34 | 36 | 38 | 41 | 31 | 31 | 0,078 | 87 | 130 | 156 |
| 8,40 | 44 | 30 | 4/::: | 1,85 | 1,55 | 1,47 | 5,8 | 415 | 622 | 132 | 33 | 33 | 35 | 38 | 41 | 30 | 31 | 0,064 | 73 | 110 | 132 |
| 8,60 | 48 | 14 | 4/::: | 1,85 | 1,59 | 1,60 | 6,3 | 414 | 621 | 144 | 35 | 33 | 36 | 38 | 41 | 30 | 31 | 0,069 | 80 | 120 | 144 |
| 8,80 | 34 | 17 | 4/::: | 1,85 | 1,63 | 1,13 | 4,0 | 454 | 681 | 102 | 23 | 31 | 34 | 37 | 40 | 28 | 29 | 0,044 | 57 | 85 | 102 |
| 9,00 | 130 | 97 | 3::: | 1,85 | 1,66 | -- | -- | -- | -- | -- | 69 | 38 | 39 | 41 | 43 | 36 | 35 | 0,155 | 217 | 325 | 390 |
| 9,20 | 220 | -- | 3::: | 1,85 | 1,70 | -- | -- | -- | -- | -- | 86 | 40 | 42 | 43 | 45 | 38 | 38 | 0,210 | 367 | 550 | 660 |

INDAGINE GEOFISICA

Re.Mi.



Realizzate nel 2007 dal Dott. Geol. Ildo Facchini

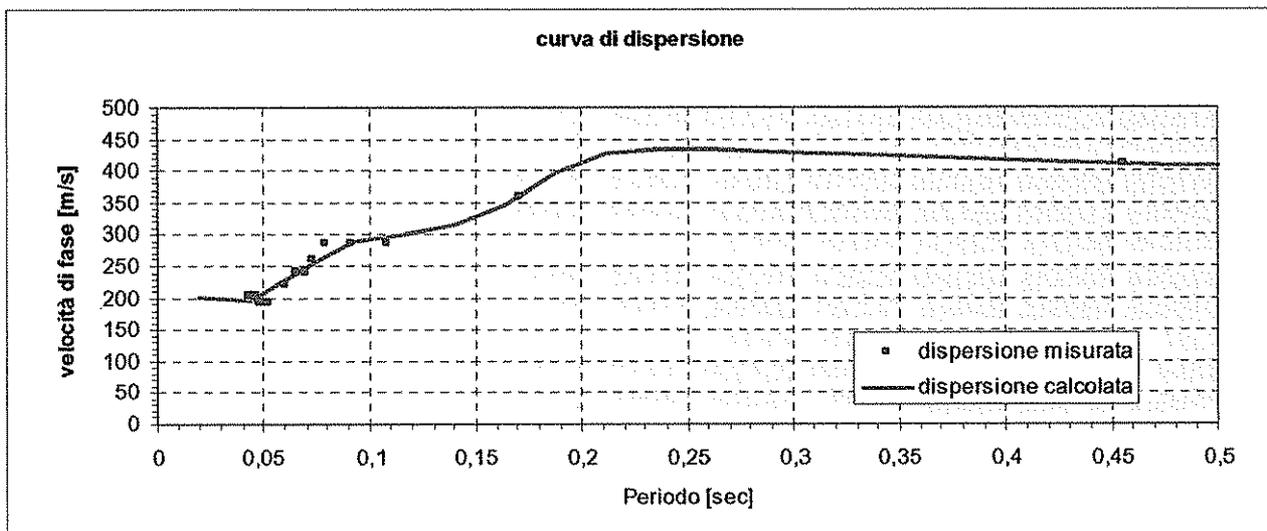
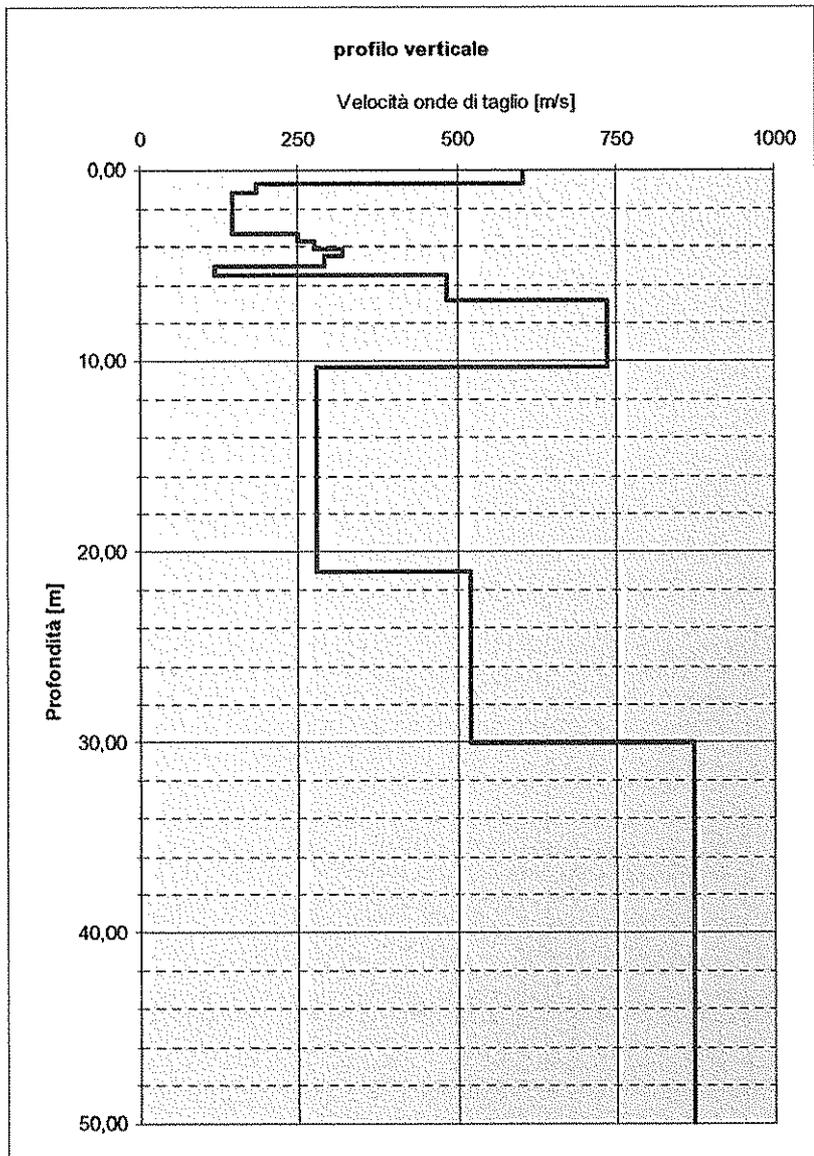
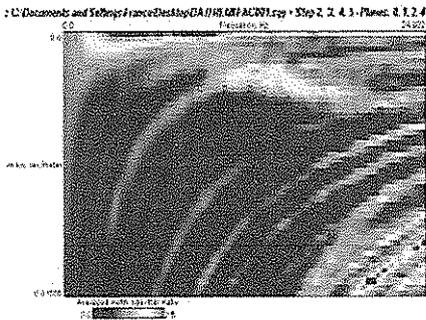
RISULTATI DELLA PROVA ReMi GRAFICI E DETERMINAZIONE Vs30

| strati | Prof. | H | Vs | tempi |
|--------|-------|-------|-----|---------|
| 1 | 0,71 | | | |
| 2 | 1,14 | 0,14 | 184 | 0,00075 |
| 3 | 3,28 | 2,14 | 146 | 0,01465 |
| 4 | 3,65 | 0,37 | 250 | 0,00147 |
| 5 | 4,06 | 0,41 | 274 | 0,0015 |
| 6 | 4,41 | 0,35 | 320 | 0,00108 |
| 7 | 4,99 | 0,58 | 292 | 0,002 |
| 8 | 5,50 | 0,51 | 118 | 0,00434 |
| 9 | 6,76 | 1,26 | 484 | 0,0026 |
| 10 | 10,25 | 3,49 | 735 | 0,00475 |
| 11 | 21,06 | 10,81 | 279 | 0,03875 |
| 12 | 29,97 | 8,91 | 520 | 0,01711 |
| 13 | | | | |
| 14 | | | | |
| 15 | | | | |
| 16 | | | | |
| 17 | | | | |
| 18 | | | | |
| 19 | | | | |
| 20 | | | | |

ULTIMO 30,00 0,03 872 4E-05
Somma tempi 0,08904

| | |
|---------------|------------|
| Vs30 | 326 |
| CLASSE | C |

Vs Refraction Microtremor



RISPOSTA SISMICA LOCALE DI 3° LIVELLO

VARIANTE PSC

Committente: Rinaldi Gianna

Data: dicembre 2018

INTRODUZIONE

PROCEDURA DI CALCOLO

La procedura di calcolo adoperata da RSL per la valutazione della funzione di trasferimento presuppone come base di partenza uno o più accelerogrammi, od uno spettro di risposta in accelerazione, e la conoscenza della stratigrafia del sito attraverso i seguenti parametri geotecnici per ogni strato:

- peso per unità di volume;
- velocità di propagazione delle onde di taglio;
- coefficiente di spinta laterale;
- modulo di taglio iniziale (opzionale);
- spessore;
- indice di plasticità.

La non linearità del calcolo è introdotta dalla dipendenza del modulo di deformazione al taglio e del coefficiente di smorzamento viscoso dalla deformazione.

Schematicamente la procedura è riassumibile nel seguente modo:

1. Valutazione dello spettro di Fourier dell'accelerogramma (omessa nel caso si debba analizzare uno spettro);
2. Ricerca di un errore relativo piccolo seguendo la procedura di:
 - 2.1. Stima della funzione di trasferimento;
 - 2.2. Valutazione della deformazione indotta in ciascuno strato;
 - 2.3. Correzione del modulo di deformazione al taglio e del coefficiente di smorzamento viscoso per ogni strato;Le operazioni 2.1, 2.2 e 2.3 sono ripetute fino a quando la differenza di deformazione tra un'iterazione e la precedente non rimane al di sotto di una soglia ritenuta accettabile;
3. Trasformazione inversa di Fourier dello spettro precedentemente calcolato ed opportunamente pesato per mezzo della funzione di trasferimento calcolata.

Attraverso questa procedura è possibile “trasferire” l'accelerogramma dal bedrock in superficie. La deformazione per ciascuno strato viene corretta sulla base del rapporto fra deformazione effettiva e massima come suggerito dalla letteratura scientifica, ovvero

$$\frac{\gamma_{eff}}{\gamma_{max}} = \frac{M - 1}{10}$$

dove M rappresenta la magnitudo del sisma.

Per la valutazione della funzione di trasferimento, RSL considera un suolo variamente stratificato composto da N strati orizzontali di cui l' N -esimo è il letto di roccia (bedrock). Ponendo come ipotesi che ciascuno strato si comporti come un solido di Kelvin-Voigt $\left[\tau = G\gamma + \eta \frac{\partial \gamma(z, t)}{\partial z \partial t} \right]$, la propagazione delle onde di taglio che attraversano gli strati verticalmente può essere definita dall'equazione dell'onda:

$$\rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = G \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} + \eta \frac{\partial^3 u}{\partial z^2 \partial t} \quad (1)$$

dove: u rappresenta lo spostamento; t il tempo; ρ la densità; G il modulo di deformazione al taglio; η la viscosità. Per onde armoniche lo spostamento può essere scritto come:

$$u(z, t) = U(z)^{i\omega t} \quad (2)$$

che sostituita nella (1) pone

$$(G + i\omega\eta) \frac{d^2 U}{dz^2} = \rho\omega^2 U \quad (3)$$

dove ω rappresenta la frequenza angolare. La (3) può essere riscritta come

$$G^* \frac{d^2 U}{dz^2} = \rho\omega^2 U \quad (4)$$

avendo posto $G^* = G + i\omega\eta$, ovvero il modulo di deformazione al taglio *complesso*. Questo può essere ulteriormente riscritto come

$$G^* = G(1 + 2i\xi) \quad (5)$$

avendo posto

$$\eta = \frac{2G}{\omega} \xi \quad (6)$$

dove ξ rappresenta il coefficiente di smorzamento viscoso. Ciò posto, e fatta convenzione che l'apice * indica la natura complessa della variabili in gioco, la soluzione dell'equazione generica dell'onda è la seguente:

$$u(z, t) = Ee^{i(\omega t + k^* z)} + Fe^{i(\omega t - k^* z)} \quad (7)$$

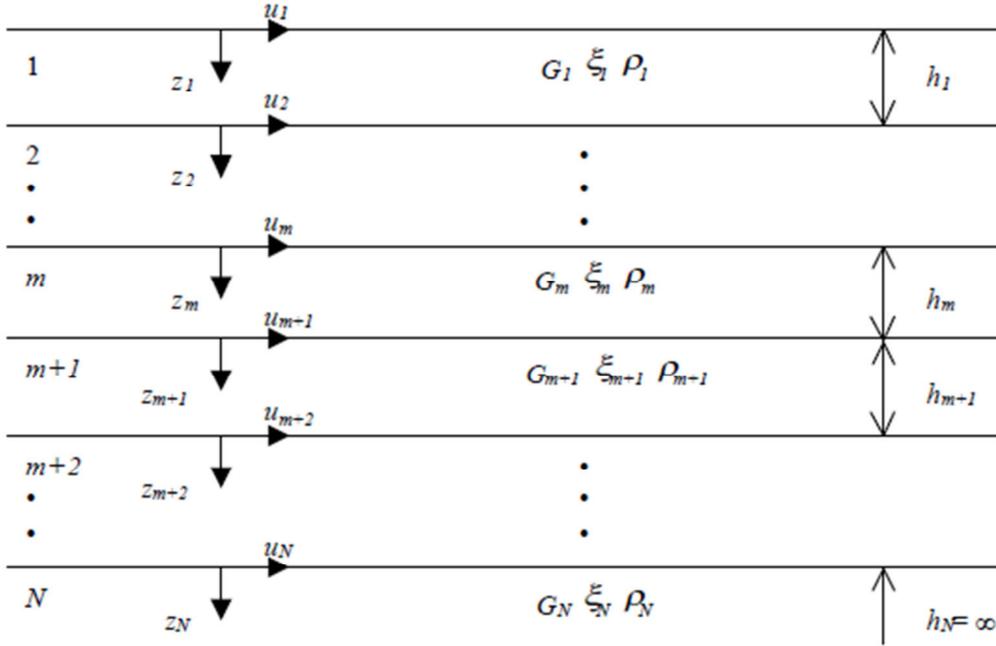


Figura 1: Esempio di stratigrafia per riferimento.

dove E e F dipendono dalle condizioni al contorno e rappresentano l'ampiezza d'onda che viaggia rispettivamente verso l'alto (-z) e verso il basso (+z), mentre k^* rappresenta il numero d'onda complesso dato dalla seguente espressione:

$$k^* = \omega \sqrt{\frac{\rho}{G^*}} \quad (8)$$

Il taglio invece è dato da:

$$\tau(z, t) = G^* \frac{dU}{dz} e^{i\omega t} = ik^* G^* [Ee^{i(\omega t + k^* z)} + Fe^{i(\omega t - k^* z)}] e^{i\omega t} \quad (9)$$

Per il generico strato m di spessore h_m gli spostamenti, rispettivamente in sommità ($z = 0$) ed al fondo ($z = h_m$), sono:

$$u_m(0, t) = (E_m + F_m) e^{i\omega t} \quad (10)$$

$$u_m(h_m, t) = (E_m e^{ik_m^* h_m} + F_m e^{-ik_m^* h_m}) e^{i\omega t} \quad (11)$$

Poiché deve essere rispettata la congruenza sullo spostamento all'interfaccia tra gli strati, ovvero lo spostamento in sommità ad uno strato deve essere uguale allo spostamento sul fondo di quello immediatamente sopra, se ne deduce che:

$$u_m(z = h_m, t) = u_{m+1}(z = 0, t) \quad (12)$$

Usando la (10), (11) e la (12), ne consegue che

$$E_{m+1} + F_{m+1} = E_m e^{ik_m^* h_m} + F_m e^{-ik_m^* h_m} \quad (13)$$

Il taglio in sommità ed al fondo dell' m -esimo strato è dato da:

$$\tau_m(0, t) = ik_m^* G_m^* [E_m - F_m] e^{i\omega t} \quad (14)$$

$$\tau_m(h_m, t) = ik_m^* G_m^* \left[E_m e^{ik_m^* h_m} - F_m e^{-ik_m^* h_m} \right] e^{i\omega t} \quad (15)$$

Poiché fra uno strato e l'altro il taglio deve essere continuo si ha

$$\tau_m(z = h_m, t) = \tau_{m+1}(z = 0, t) \quad (16)$$

ovvero

$$E_{m+1} - F_{m+1} = \frac{k_m^* G_m^*}{k_{m+1}^* G_{m+1}^*} \left(E_m e^{ik_m^* h_m} - F_m e^{-ik_m^* h_m} \right) \quad (17)$$

Sommando la (13) alla (17) e sottraendo la (17) alla (13) si ottiene

$$E_{m+1} = \frac{1}{2} E_m (1 + \alpha_m^*) e^{ik_m^* h_m} + \frac{1}{2} F_m (1 - \alpha_m^*) e^{-ik_m^* h_m} \quad (18)$$

$$F_{m+1} = \frac{1}{2} E_m (1 - \alpha_m^*) e^{ik_m^* h_m} + \frac{1}{2} F_m (1 + \alpha_m^*) e^{-ik_m^* h_m} \quad (19)$$

dove α_m^* rappresenta il coefficiente di impedenza complesso al contorno tra gli strati m ed $m+1$, ed è dato dalla seguente espressione:

$$\alpha_m^* = \frac{k_m^* G_m^*}{k_{m+1}^* G_{m+1}^*} \quad (20)$$

Poiché in superficie il taglio è nullo,

$$\tau_1(0, t) = ik_1^* G_1^* [E_1 - F_1] e^{i\omega t} = 0$$

si deduce che $E_1 = F_1$.

Le equazioni (18) e (19) possono essere successivamente applicate agli strati successivi da 2 ad m . La funzione di trasferimento A_{mn} che lega gli spostamenti in sommità degli strati m ed n è definita dalla seguente espressione:

$$A_{mn} = \frac{u_m}{u_n} = \frac{E_m + F_m}{E_n + F_n} \quad (21)$$

A_{mn} rappresenta la funzione di trasferimento, ovvero la funzione che mette in relazione il modulo della deformazione tra i punti m e n .

In pratica lo stato deformativo di una stratigrafia rimane definito una volta nota la deformazione di un suo qualsiasi punto. Inoltre, poiché la velocità e l'accelerazione sono legati allo spostamento,

$$\dot{u}(z, t) = \frac{\partial u}{\partial t} = i\omega u(z, t) \quad \ddot{u}(z, t) = \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = -\omega^2 u(z, t) \quad (22)$$

La funzione di trasferimento A_{mn} può essere espressa anche in funzione delle velocità e dell'accelerazione al tetto degli strati n ed m :

$$A_{mn}(\omega) = \frac{u_m}{u_n} = \frac{\dot{u}_m}{\dot{u}_n} = \frac{\ddot{u}_m}{\ddot{u}_n} = \frac{E_m + F_m}{E_n + F_n} \quad (23)$$

La deformazione tangenziale rimane definita alla profondità z e al tempo t dalla relazione:

$$\gamma(z, t) = \frac{\partial u}{\partial z} = ik^* \left(E e^{ik^* z} - F e^{-ik^* z} \right) e^{i\omega t} \quad (24)$$

E la corrispondente tensione tangenziale, dalla seguente espressione:

$$\tau(z, t) = G^* \gamma(z, t) \quad (25)$$

Ai fini di una corretta interpretazione del problema della risposta sismica locale, risulta utile riprodurre la rappresentazione schematica di Figura 2 in cui è riportata la terminologia utilizzata per lo studio del moto sismico di un deposito che poggia su un basamento roccioso.

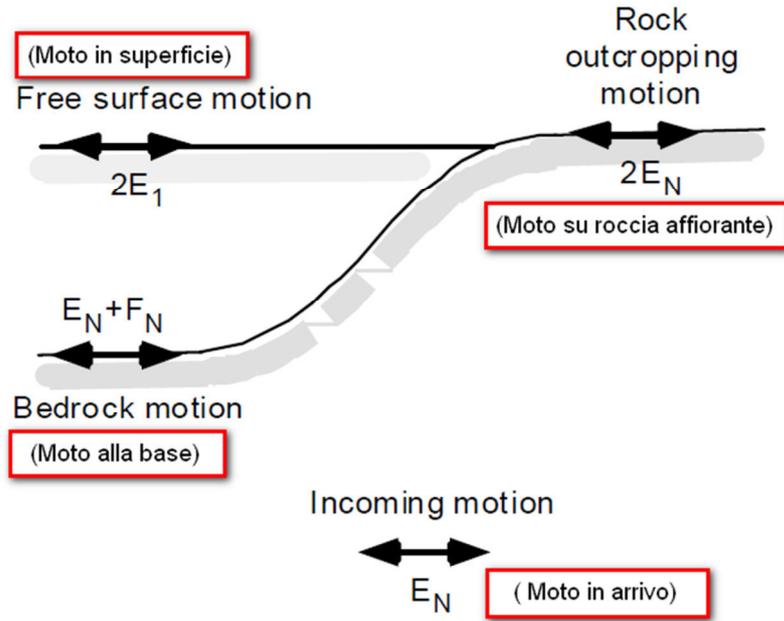


Figura 2: Schema di riferimento e terminologia utilizzata.

Le onde di taglio si propagano verticalmente attraverso il bedrock con ampiezza pari ad E_N ; al tetto del bedrock, sotto il deposito degli strati di terreno, il moto ha un'ampiezza pari a $E_N + F_N$. Sulla roccia affiorante, poiché le tensioni tangenziali sono nulle ($E_N = F_N$), il moto avrà ampiezza pari a $2E_N$. La funzione di trasferimento dal bedrock al bedrock-affiorante è la seguente:

$$A_{MN}(\omega) = \frac{2E_N}{E_N + F_N} \quad (26)$$

A è non lineare poiché G è funzione di γ . Nella procedura di calcolo infatti, da una stima iniziale del modulo di deformazione al taglio, si ottiene la tensione ipotizzando un legame lineare, per poi ottenere un nuovo valore di γ . Grazie a questo valore aggiornato si valuta un nuovo modulo G così da ripetere la procedura fino a quando la differenza tra la deformazione aggiornata e quella ottenuta dalla precedente iterazione viene ritenuta accettabile. Il modello per $G(\gamma)$ adoperato è quello suggerito da Ishibashi e Zhang (1993) che tiene conto degli effetti della pressione di confinamento e dell'indice di plasticità:

$$G = G_{max} \cdot K(\gamma, PI) (\sigma'_m)^{m(\gamma, PI) - m_0} \quad (24)$$

$$K(\gamma, PI) = 0.5 \left\{ 1 + \tanh \left[\ln \left(\frac{0.000102 + n(PI)^{0.492}}{\gamma} \right) \right] \right\} \quad (25)$$

$$m(\gamma, PI) - m_0 = 0.272 \left\{ 1 - \tanh \left[\ln \left(\frac{0.000556}{\gamma} \right)^{0.4} \right] \right\} \exp(-0.0145 PI^{1.3}) \quad (26)$$

$$n(PI) = \begin{cases} 0.0 & \text{per } PI = 0 \\ 3.37 \times 10^{-6} PI^{1.404} & \text{per } 0 < PI \leq 15 \\ 7.0 \times 10^{-7} PI^{1.976} & \text{per } 15 < PI \leq 70 \\ 2.7 \times 10^{-5} PI^{1.115} & \text{per } PI > 70 \end{cases} \quad (27)$$

dove G_{max} è dato dalla relazione

$$G_{max} = \rho V_s^2 \quad (28)$$

dove ρ è la densità del terreno e V_s la velocità di propagazione delle onde di taglio nello stesso. La (28) fornisce il valore iniziale di G per la prima iterazione.

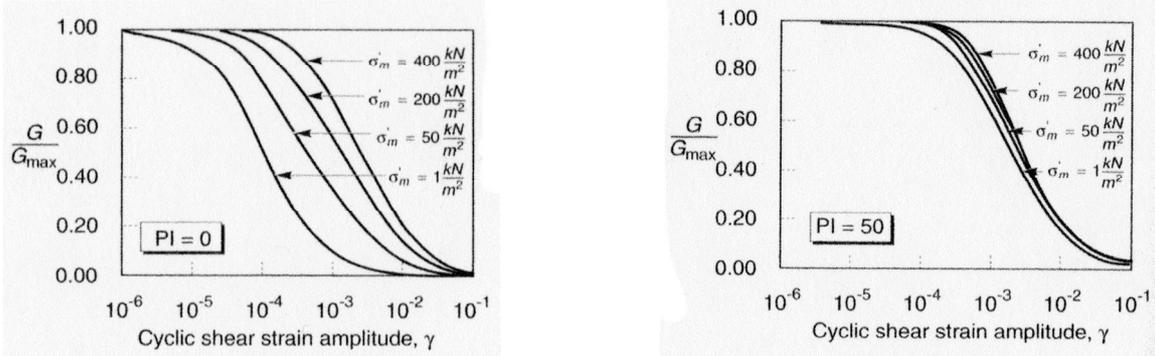


Figura 2: Influenza della pressione di confinamento e della plasticità sul modulo di deformazione al taglio.

Per quanto riguarda invece il coefficiente di smorzamento viscoso ξ , in conseguenza del modello introdotto dalla (24) si ha:

$$\xi = 0.333 \frac{1 + \exp(-0.0145 PI^{1.5})}{2} \left[0.586 \left(\frac{G}{G_{max}} \right)^2 - 1.547 \frac{G}{G_{max}} + 1 \right] \quad (29)$$

da cui si deduce che anche ξ deve essere ricalcolato ad ogni iterazione.

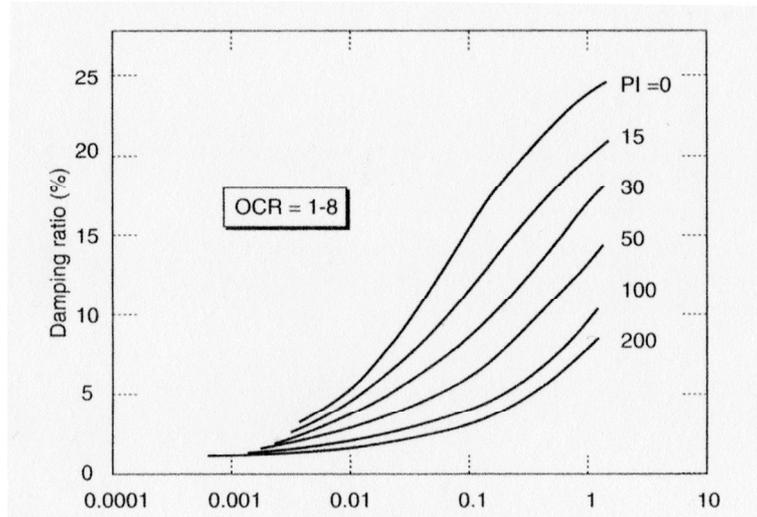


Figura 3: Influenza della plasticità sul coefficiente di smorzamento viscoso.

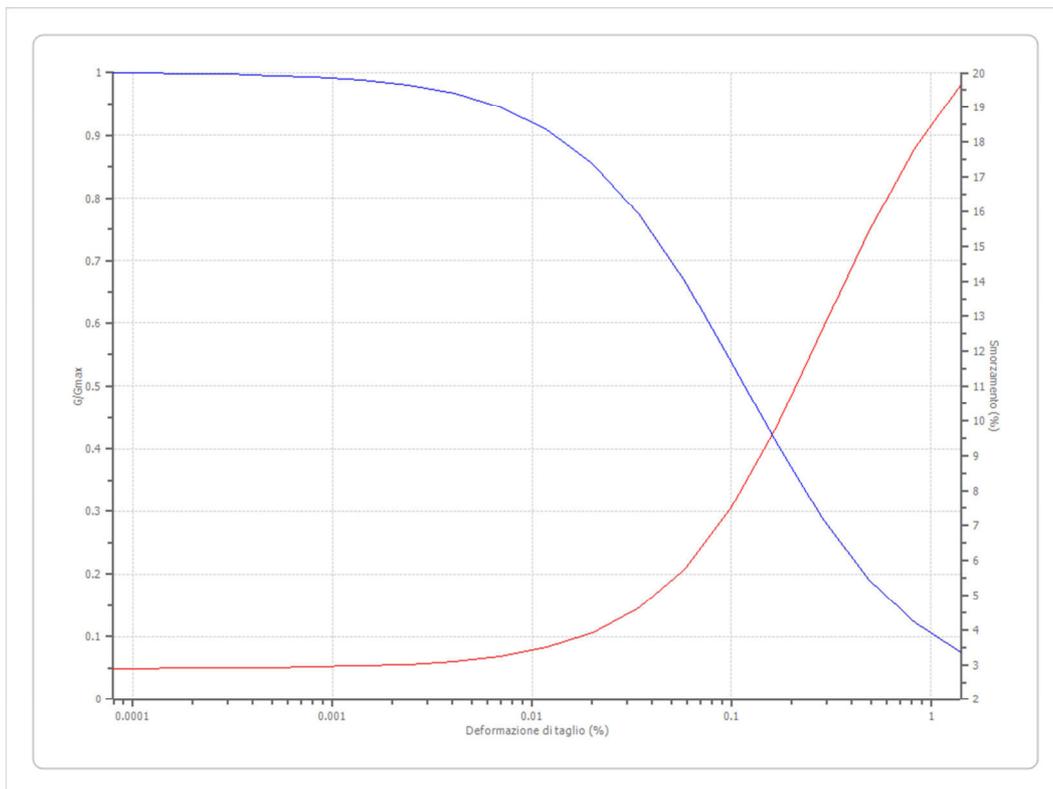
Dati generali

Cantiere Arceto di Scandiano (RE)
 Latitudine 44.62745[°]
 Longitudine 10.7284422[°]

Terreni

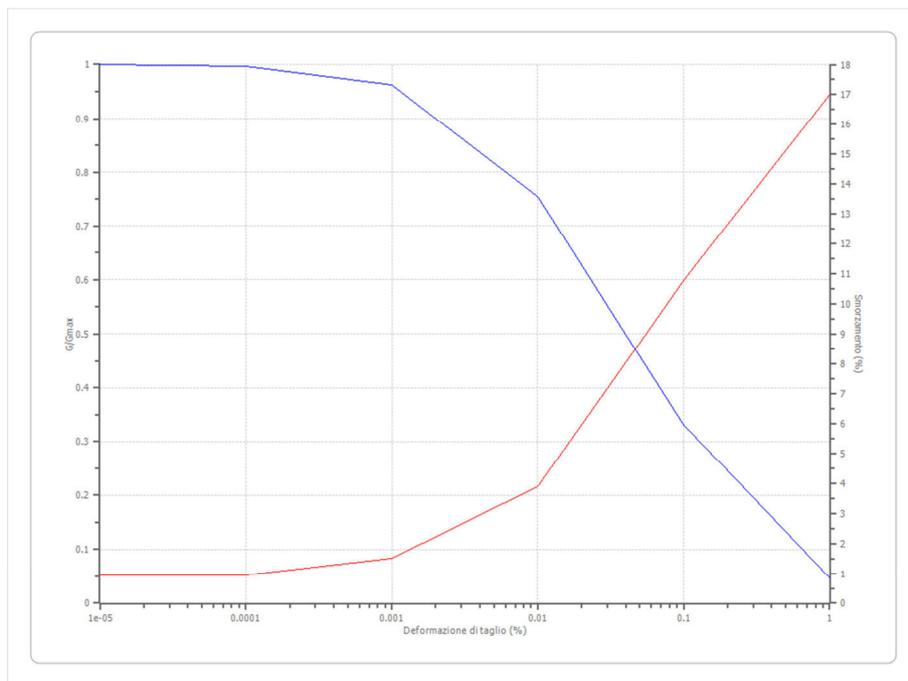
Lombardia - Argille limose

| Deformazione % | G/Gmax | Deformazione % | Smorzamento % |
|----------------|--------|----------------|---------------|
| 0.0008 | 1.000 | 0.0008 | 2.891 |
| 0.0001 | 0.9992 | 0.0001 | 2.8959 |
| 0.0002 | 0.9986 | 0.0002 | 2.8994 |
| 0.0003 | 0.9976 | 0.0003 | 2.9053 |
| 0.0005 | 0.9959 | 0.0005 | 2.9154 |
| 0.0008 | 0.9931 | 0.0008 | 2.9326 |
| 0.0014 | 0.9883 | 0.0014 | 2.962 |
| 0.0024 | 0.9802 | 0.0024 | 3.012 |
| 0.0041 | 0.9667 | 0.0041 | 3.0975 |
| 0.007 | 0.9445 | 0.007 | 3.2433 |
| 0.0119 | 0.9089 | 0.0119 | 3.4917 |
| 0.0202 | 0.854 | 0.0202 | 3.9125 |
| 0.0343 | 0.7742 | 0.0343 | 4.616 |
| 0.0583 | 0.6677 | 0.0583 | 5.7552 |
| 0.099 | 0.5408 | 0.099 | 7.4855 |
| 0.1684 | 0.4084 | 0.1684 | 9.848 |
| 0.2862 | 0.2881 | 0.2862 | 12.6362 |
| 0.4866 | 0.1918 | 0.4866 | 15.4287 |
| 0.8272 | 0.1221 | 0.8272 | 17.8243 |
| 1.4063 | 0.0754 | 1.4063 | 19.6357 |



Lombardia - Ghiaie

| Deformazione % | G/Gmax | Deformazione % | Smorzamento % |
|----------------|--------|----------------|---------------|
| 0.00001 | 1.000 | 0.00001 | 0.9488 |
| 0.0001 | 0.996 | 0.0001 | 0.9488 |
| 0.001 | 0.9624 | 0.001 | 1.4981 |
| 0.010 | 0.754 | 0.010 | 3.8938 |
| 0.100 | 0.3311 | 0.100 | 10.7935 |
| 1.000 | 0.0476 | 1.000 | 17.0087 |



Stratigrafia

| n. | Profondità [m] | Spessore [m] | Terreno | Numero sottostrati | Gmax [MPa] | Peso unità vol. [kN/m³] | Vs [m/s] | Tensione verticale [kPa] |
|----|----------------|--------------|----------------------------|--------------------|------------|-------------------------|----------|--------------------------|
| 1 | -- | 3.0 | Lombardia - Argille limose | 0 | 50.23 | 18.1 | 165.0 | 27.2 |
| 2 | 3.0 | 4.0 | Lombardia - Argille limose | 0 | 154.10 | 18.1 | 289.0 | 90.5 |
| 3 | 7.0 | 3.0 | Lombardia - Ghiaie | 0 | 1101.38 | 20.0 | 735.0 | 156.7 |
| 4 | 10.0 | 10.0 | Lombardia - Argille limose | 0 | 151.94 | 20.0 | 273.0 | 237.7 |
| 5 | 20.0 | 10.0 | Lombardia - Ghiaie | 0 | 551.27 | 20.0 | 520.0 | 339.6 |
| 6 | 30.0 | 70.0 | Lombardia - Ghiaie | 0 | 807.34 | 22.0 | 600.0 | 817.2 |
| 7 | oo | -- | Smorzamento costante | 0 | 947.50 | 22.0 | 650.0 | 1243.8 |

Strato con falda: 3
 Strato rilevamento accelerogramma: 7 Affiorante

Elaborazione

Numero di iterazioni 16
 Rapporto tra deformazione a taglio effettiva e deformazione massima 0.5
 Tipo di modulo elastico Shake

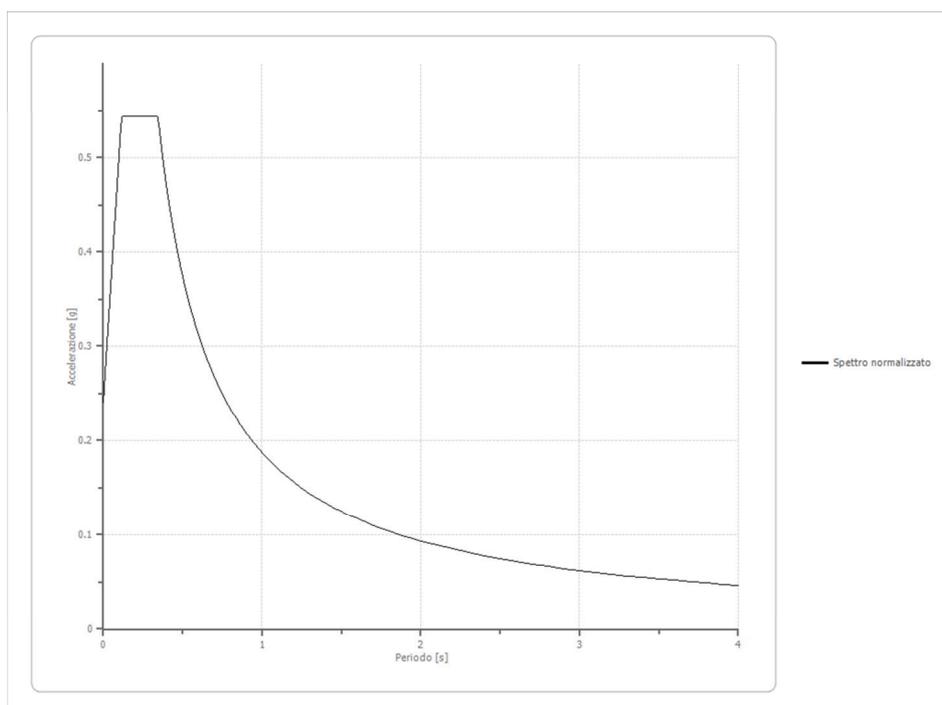
Fattori di amplificazione ICMS 2008

| | |
|-----------|---------------------------|
| Tai | 0.150 [s] |
| Tvi | 0.700 [s] |
| Tao | 0.280 [s] |
| Tvo | 0.390 [s] |
| Sami | 3.588 [m/s ²] |
| Svmi | 0.191 [m/s] |
| Samo | 5.337 [m/s ²] |
| Svmo | 0.292 [m/s] |
| Fa | 1.488 [-] |
| Fv | 1.528 [-] |
| TB | 0.115 [s] |
| TC | 0.344 [s] |
| TD | 2.248 [s] |
| SA(0) | 0.241 [g] |
| SA(TB) | 0.544 [g] |

Fattori di amplificazione su intensità spettrale

| Periodo minimo [s] | Periodo massimo [s] | Int. Housner input [m] | Int. Housner output [m] | Int. Housner input/output [m] | FA |
|--------------------|---------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------------|-------|
| 0.100 | 0.500 | 0.059 | 0.090 | 0.200 | 1.528 |
| 0.500 | 1.000 | 0.091 | 0.126 | 0.500 | 1.393 |
| 0.500 | 1.500 | 0.163 | 0.223 | 0.333 | 1.368 |

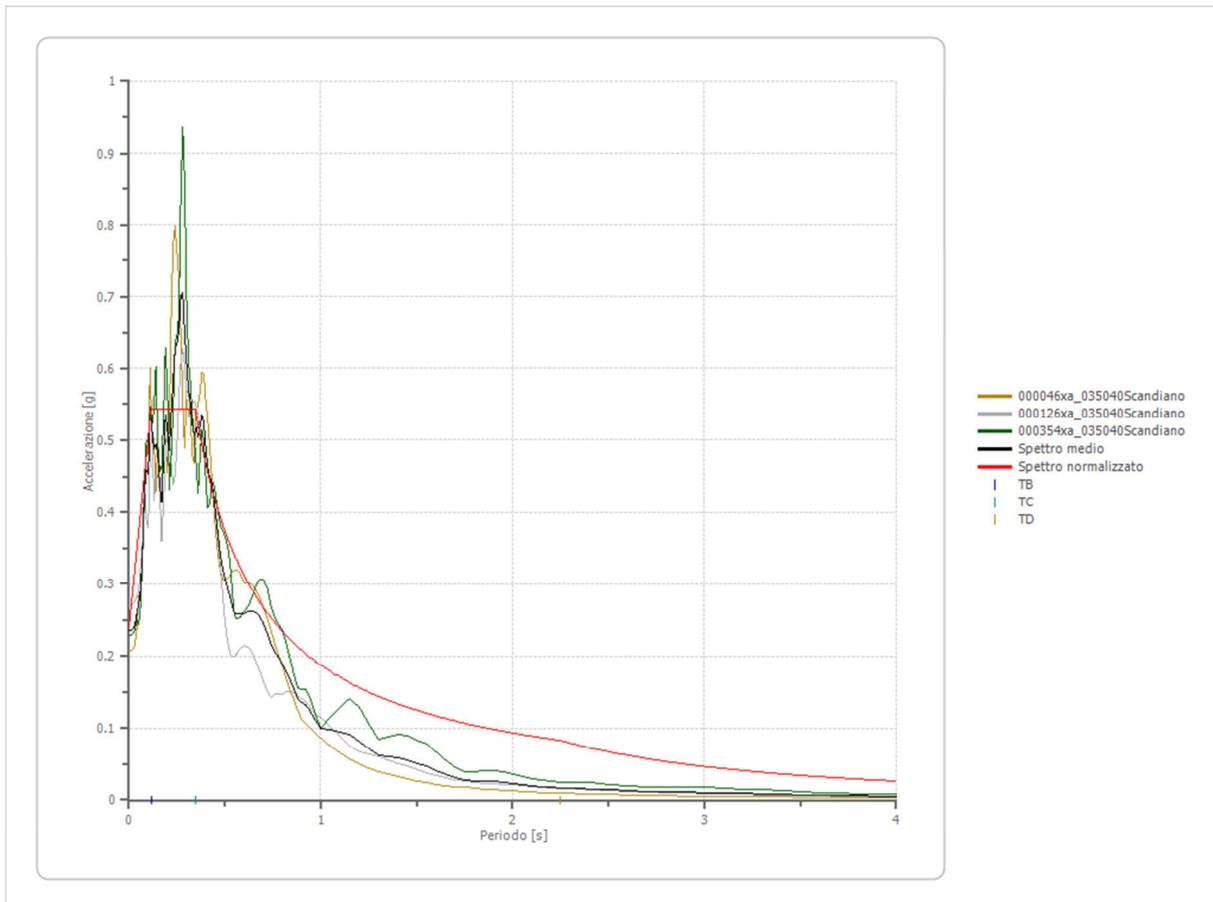
Spettro normalizzato di risposta elastico



Parametri spettro normalizzato

| Ag [g] | F0 | Tc* | TB [s] | TC [s] | TD [s] | Se(0) [g] | Se(TB) [g] |
|--------|-------|-----|--------|--------|--------|-----------|------------|
| 0.241 | 2.258 | -- | 0.115 | 0.344 | 2.248 | 0.241 | 0.544 |

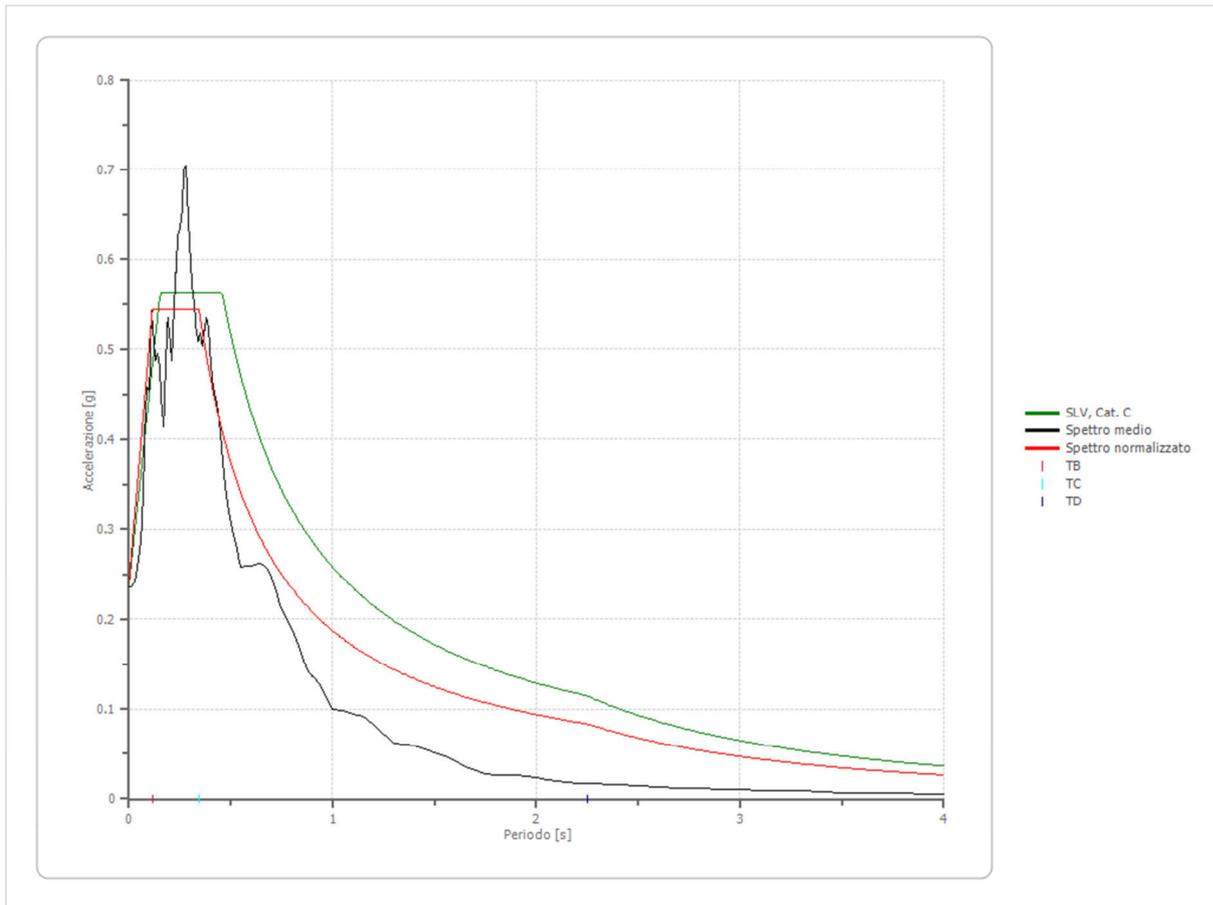
Confronto tra gli spettri



Confronto spettro normativa

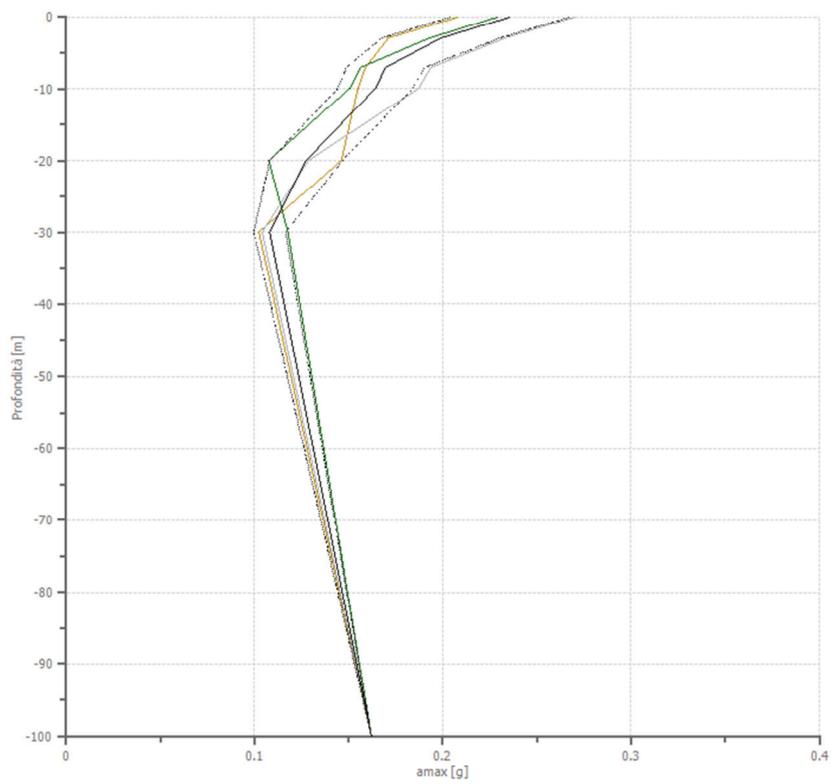
Tipo di spettro: Spettro di risposta elastico

| | Operatività SLO | Danno SLD | Salvaguardia vita SLV | Prev. collasso SLC |
|------------|-----------------|-----------|-----------------------|--------------------|
| Tr [anni] | 30 | 50 | 475 | 975 |
| ag [g] | 0.050 | 0.063 | 0.162 | 0.206 |
| Fo | 2.474 | 2.493 | 2.363 | 2.378 |
| Tc* [s] | 0.251 | 0.265 | 0.29 | 0.307 |
| Ss | 1.50 | 1.50 | 1.47 | 1.41 |
| St | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| Cc | 1.66 | 1.63 | 1.58 | 1.55 |
| TB [s] | 0.139 | 0.144 | 0.153 | 0.159 |
| TC [s] | 0.416 | 0.431 | 0.458 | 0.476 |
| TD [s] | 1.800 | 1.852 | 2.248 | 2.424 |
| Se(0) [g] | 0.075 | 0.095 | 0.238 | 0.290 |
| Se(TB) [g] | 0.186 | 0.236 | 0.563 | 0.689 |



Profilo a max

| | 0.0 [m] | 3.0 [m] | 7.0 [m] | 10.0 [m] | 20.0 [m] | 30.0 [m] | 100.0 [m] |
|----------------------------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| 000046xa_ 035040Scandiano [g] | 0.208 | 0.171 | 0.159 | 0.155 | 0.146 | 0.102 | 0.162 |
| 000126xa_ 035040Scandiano [g] | 0.270 | 0.233 | 0.194 | 0.187 | 0.129 | 0.104 | 0.162 |
| 000354xa_ 035040Scandiano [g] | 0.229 | 0.193 | 0.156 | 0.150 | 0.108 | 0.118 | 0.162 |
| media [g] | 0.235 | 0.199 | 0.170 | 0.164 | 0.127 | 0.108 | 0.162 |
| Dev. St. [g] | 0.032 | 0.031 | 0.021 | 0.020 | 0.019 | 0.008 | 0.000 |



- 000046xa_035040Scandiano
- 000126xa_035040Scandiano
- 000354xa_035040Scandiano
- amax media
- amax media + ded. st.
- amax media - dev.st.

VERIFICA A LIQUEFAZIONE



PROGRAMMA DI CALCOLO: LIQUITER (GEOSTRU)

Progetto: Variante PSC
Ditta: Rinaldi Gianna
Comune: Via Zini – Arceto di Scandiano (RE)

Normative di riferimento

- Normativa sismica del GRUPPO NAZIONALE di Difesa dei Terremoti.
- Raccomandazioni del National Center for Earthquake Reserch (NCEER)
- Eurocodice 8, Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture
- Norme Tecniche D.M. del 17 Gennaio 2018

Metodo di calcolo: Robertson e Wride (1997)

Il 'metodo di Robertson e Wride' è basato sui risultati di prove CPT (*Cone Penetration Test*) ed utilizza l'indice di comportamento per il tipo di suolo I_C che viene calcolato mediante l'utilizzo della seguente formula:

$$I_c = \left[(3,47 - \log_{10} Q)^2 + (\log_{10} R_f + 1,22)^2 \right]^{0,5} \quad (5.0a)$$

$$Q = \frac{q_c - \sigma_{vo}}{Pa} \left(\frac{Pa}{\sigma'_{vo}} \right)^n \quad (5.0b)$$

$$R_f = \frac{f_s}{q_c - \sigma_{vo}} 100 \quad (5.0c)$$

dove:

q_c è la resistenza alla punta misurata

Pa è la tensione di riferimento (1 atmosfera) nelle stesse unità di σ'_{vo}

f_s è l'attrito del manicotto

n è un'esponente che dipende dal tipo di suolo.

Inizialmente si assume $n = 1$, come per un suolo argilloso e si procede al calcolo di I_C con la (5.0a).

Se $I_C > 2,6$ il suolo è probabilmente di tipo argilloso e l'analisi si ferma. Il terreno non si considera a rischio di liquefazione.

Se $I_C \leq 2,6$, vuol dire che l'ipotesi assunta è errata, il suolo è di natura granulare, Q verrà ricalcolato utilizzando la (5.0a) usando come esponente $n = 0,5$.

Se è ancora $I_C \leq 2,6$, significa che l'ipotesi è giusta e il suolo è probabilmente non plastico e granulare.

Se invece $I_C > 2,6$, vuol dire che l'ipotesi è di nuovo errata e il suolo è probabilmente limoso. Q deve essere nuovamente ricalcolato dalla (2.8b) ponendo $n = 0,75$.

Calcolato I_C , si procede con la correzione della resistenza alla punta misurata q_c mediante la seguente espressione:

$$q_{c1N} = \frac{q_c}{Pa} \left(\frac{Pa}{\sigma'_{vo}} \right)^n \quad (5.1)$$

Dove l'esponente di sforzo n è lo stesso utilizzato nel calcolo di I_C .

La correzione alla resistenza alla punta dovuta al contenuto di materiale fine viene determinata dalla seguente procedura:

Robertson e Wride classico

$$(q_{c1N})_{cs} = K_c q_{c1N} \quad (5.2a)$$

$$K_c = -0,403 I_c^4 + 5,581 I_c^3 - 21,63 I_c^2 + 33,75 I_c - 17,88 \quad (5.2b)$$

Robertson e Wride modificato

$$(q_{c1N})_{cs} = q_{c1N} + \Delta q_{c1N} \quad (5.3a)$$

$$\Delta q_{c1N} = \frac{K_c}{1 - K_c} q_{c1N} \quad (5.3b)$$

dove K_c dipende dal contenuto di fine, FC (%):

$$K_c = 0 \quad \text{per } FC \leq 5$$

$$K_c = 0,0267(FC - 5) \quad \text{per } 5 < FC \leq 35$$

$$K_c = 0,8 \quad \text{per } FC > 35$$

FC (%) viene calcolato mediante l'espressione seguente:

$$FC (\%) = 1,75 (I_C)^{3,25} - 3,7 \quad (5.4)$$

La resistenza alla liquefazione per una magnitudo pari a 7,5 (**CRR**_{7,5}) si calcola con le espressioni seguenti:

se $(q_{c1N})_{cs} < 50$

$$CRR = 0,833 \left[\frac{(q_{c1N})_{cs}}{1000} \right] + 0,05 \quad (5.5)$$

se $50 \leq (q_{c1N})_{cs} < 160$

$$CRR = 93 \left[\frac{(q_{c1N})_{cs}}{1000} \right]^3 + 0,08 \quad (5.6)$$

Il Rapporto di Tensione Ciclica per eventi sismici di magnitudo 7,5 (**CSR_{7,5}**) si determina dalla seguente espressione:

$$\frac{\tau_{av}}{\sigma_{vo}} = CSR_{7,5} = 0,65 \frac{a_g}{g} \frac{\sigma_{vo}}{\sigma_{vo}} r_d \quad (5.7)$$

Per magnitudo diverse occorre introdurre il fattore correttivo **MSF** (*Magnitudo Scaling Factor*) come raccomandato dal **NCEER** (vedi Tabella 1)

$$CSR = \frac{CSR_{7,5}}{MSF} \quad (5.8)$$

Tabella 1- *Fattore di scala della magnitudo derivato da diversi ricercatori*

| Magnitudo | Seed H.B. & Idriss I.M. (1982) | Ambraseys N.N (1988). | NCEER (Seed R. B. et alii) (1997; 2003) |
|-----------|-----------------------------------|--------------------------|--|
| 5,5 | 1,43 | 2,86 | 2,21 |
| 6,0 | 1,32 | 2,20 | 1,77 |
| 6,5 | 1,19 | 1,69 | 1,44 |
| 7,0 | 1,08 | 1,30 | 1,19 |
| 7,5 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| 8,0 | 0,94 | 0,67 | 0,84 |
| 8,5 | 0,89 | 0,44 | 0,73 |

Per determinare il valore del coefficiente riduttivo **r_d** vengono utilizzate le formule raccomandate da un gruppo di esperti del **NCEER** (*National Center for Earthquake Engineering Research*):

per $z < 9,15$ m

$$r_d = 1,0 - 0,00765 z \quad (5.9)$$

per $9,15 \leq z < 23$ m

$$r_d = 1,174 - 0,00267 z \quad (5.10)$$

Il fattore di sicurezza alla liquefazione **FS** viene determinato dalla relazione:

$$FS = \frac{CRR}{CSR} \quad (5.11)$$

mentre **l'indice e il rischio di liquefazione** vengono calcolati con il metodo di **Iwasaki et alii** (1978; 1984).

DATI GENERALI

Normativa: Norme Tecniche Costruzioni 2018, Decreto 17 Gen. 2018

Fattore sicurezza normativa 1.25

DATI SIMICI

Accelerazione Bedrock 0.165

Fattore amplificazione 2.37

Tipo Suolo: C-Sabbie, ghiaie mediamente addensate, argille di media consistenza Vs30=180-360

Morfologia: T1-Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$

Coefficiente amplificazione stratigrafica (SS) 1.47

Coefficiente amplificazione topografica (ST) 1

Magnitudo momento sismico (Mw) 6.14

Peak ground acceleration (PGA) 0.242

PROVA PENETROMETRICA CPT2

PARAMETRI GEOTECNICI

| Strato N° | Descrizione | Quota iniziale (m) | Quota finale (m) | Peso unità volume (KN/mc) | Peso unità volume saturo (KN/mc) | Resistenza qc (KPa) | Resistenza attrito laterale fs (KPa) |
|-----------|---------------------------------|--------------------|------------------|---------------------------|----------------------------------|---------------------|--------------------------------------|
| 1 | Argille | 0 | 3.2 | 19.81 | 20.6 | 2627.5 | 150.73 |
| 2 | Limi - Argille Sabbiose | 3.2 | 5.2 | 19.7 | 20.49 | 2515.31 | 64.72 |
| 3 | Sabbie fini - Sabbie con Ghiaia | 5.2 | 9.8 | 0 | 0 | 15142.26 | 0 |

Correzione per la magnitudo (MSF)

1.67

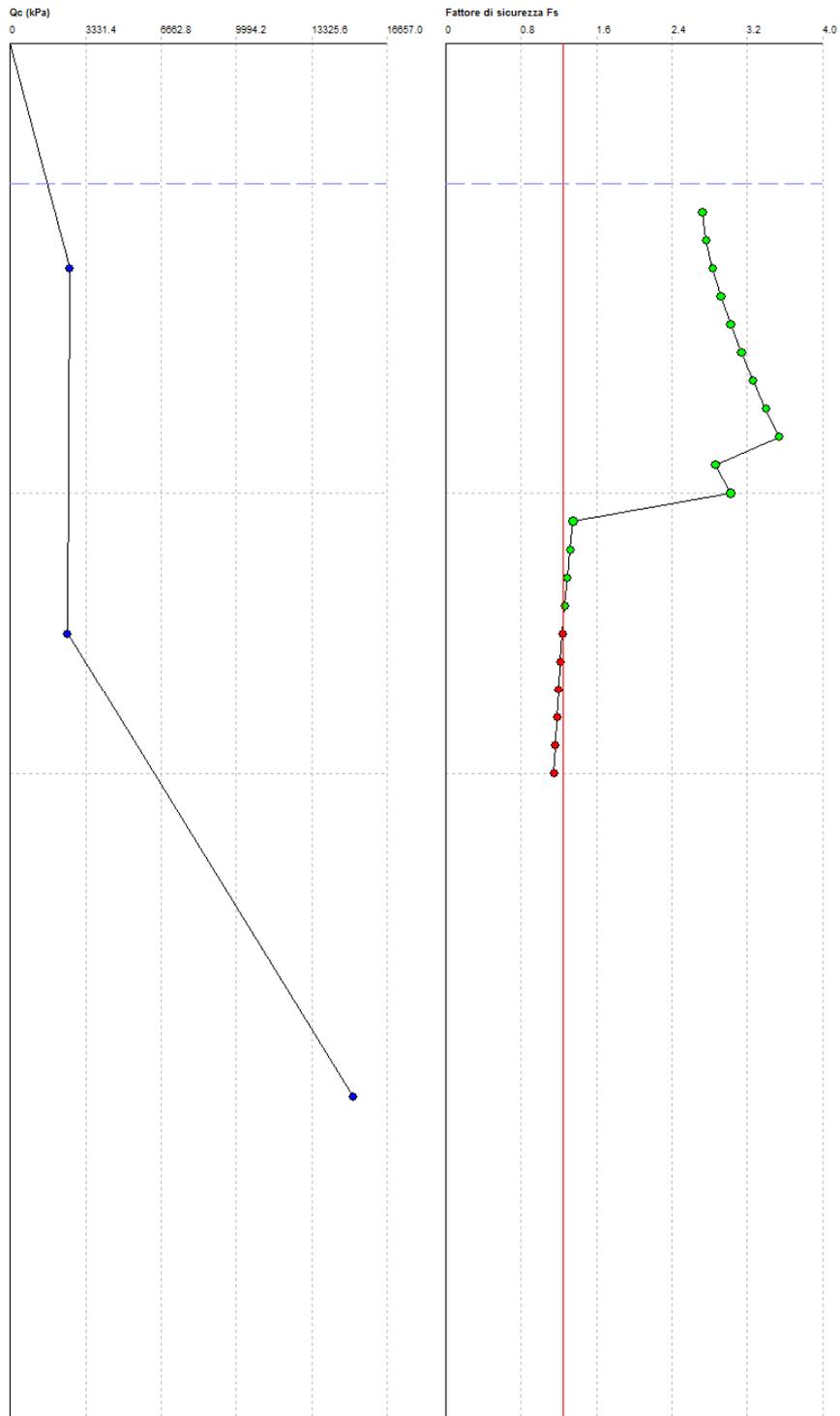
| Profondità dal p.c. (m) | Pressione litostatica totale (KPa) | Pressione verticale effettiva (KPa) | Resistenza alla punta normalizzata Q | Attrito laterale normalizzato F(%) | Indice di comportamento Ic | Correzione per la pressione litostatica efficace CQ | Resistenza alla punta corretta qcl (KPa) | Coefficiente riduttivo (rd) | Resistenza alla liquefazione (CRR) | Sforzo di taglio normalizzato (CSR) | Coefficiente di sicurezza Fs | Suscettibilità di liquefazione | Indice di liquefazione | Rischio |
|-------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|----------------------------|---|--|-----------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------|--------------------------------|------------------------|-------------|
| 1.20 | 23.930 | 21.969 | 81.882 | 5.789 | 2.521 | 1.7 | 128.459 | 0.991 | 0.277 | 0.102 | 2.723 | non suscettibile | 0 | Molto basso |
| 1.40 | 28.050 | 24.127 | 76.324 | 5.799 | 2.540 | 1.7 | 133.140 | 0.989 | 0.299 | 0.108 | 2.762 | non suscettibile | 0 | Molto basso |
| 1.60 | 32.170 | 26.286 | 71.573 | 5.808 | 2.558 | 1.7 | 137.637 | 0.988 | 0.322 | 0.114 | 2.829 | non suscettibile | 0 | Molto basso |
| 1.80 | 36.290 | 28.445 | 67.459 | 5.817 | 2.575 | 1.7 | 141.970 | 0.986 | 0.346 | 0.119 | 2.918 | non suscettibile | 0 | Molto basso |
| 2.00 | 40.410 | 30.603 | 63.858 | 5.826 | 2.591 | 1.7 | 146.154 | 0.985 | 0.370 | 0.123 | 3.021 | non suscettibile | 0 | Molto basso |
| 2.20 | 44.530 | 32.762 | 60.676 | 5.836 | 2.606 | 1.7 | 150.204 | 0.983 | 0.395 | 0.126 | 3.136 | non suscettibile | 0 | Molto basso |
| 2.40 | 48.650 | 34.921 | 57.840 | 5.845 | 2.620 | 1.7 | 154.132 | 0.982 | 0.421 | 0.129 | 3.261 | non suscettibile | 0 | Molto basso |
| 2.60 | 52.770 | 37.079 | 55.296 | 5.854 | 2.633 | 1.7 | 157.947 | 0.980 | 0.446 | 0.132 | 3.395 | non suscettibile | 0 | Molto basso |
| 2.80 | 56.890 | 39.238 | 52.998 | 5.864 | 2.646 | 1.7 | 161.659 | 0.979 | 0.473 | 0.134 | 3.535 | non suscettibile | 0 | Molto basso |
| 3.00 | 61.010 | 41.397 | 61.997 | 5.873 | 2.602 | 1.7 | 149.123 | 0.977 | 0.388 | 0.136 | 2.861 | non suscettibile | 0 | Molto basso |
| 3.20 | 65.130 | 43.555 | 58.830 | 5.882 | 2.617 | 1.7 | 153.373 | 0.976 | 0.416 | 0.138 | 3.021 | non suscettibile | 0 | Molto basso |
| 3.40 | 69.228 | 45.692 | 37.211 | 2.646 | 2.511 | 1.47938 | 105.123 | 0.974 | 0.188 | 0.139 | 1.351 | non suscettibile | 0 | Molto basso |
| 3.60 | 73.326 | 47.829 | 36.370 | 2.650 | 2.519 | 1.445958 | 104.262 | 0.972 | 0.185 | 0.141 | 1.319 | non suscettibile | 0 | Molto basso |
| 3.80 | 77.424 | 49.965 | 35.584 | 2.655 | 2.527 | 1.414703 | 103.454 | 0.971 | 0.183 | 0.142 | 1.290 | non suscettibile | 0 | Molto basso |
| 4.00 | 81.522 | 52.102 | 34.847 | 2.659 | 2.534 | 1.385392 | 102.693 | 0.969 | 0.181 | 0.143 | 1.264 | non suscettibile | 0 | Molto basso |
| 4.20 | 85.620 | 54.239 | 34.154 | 2.664 | 2.541 | 1.35783 | 101.975 | 0.968 | 0.179 | 0.144 | 1.240 | suscettibile | 0.00 | Molto basso |
| 4.40 | 89.718 | 56.375 | 33.500 | 2.668 | 2.548 | 1.33185 | 101.295 | 0.966 | 0.177 | 0.145 | 1.218 | suscettibile | 0.00 | Molto basso |
| 4.60 | 93.816 | 58.512 | 32.883 | 2.673 | 2.555 | 1.307306 | 100.651 | 0.965 | 0.175 | 0.146 | 1.199 | suscettibile | 0.00 | Molto basso |
| 4.80 | 97.914 | 60.649 | 32.298 | 2.677 | 2.561 | 1.284071 | 100.039 | 0.963 | 0.173 | 0.147 | 1.181 | suscettibile | 0.00 | Molto basso |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|------|---------|--------|--------|-------|-------|----------|--------|-------|-------|-------|-------|------------------|------|-------------|
| 5.00 | 102.012 | 62.785 | 31.744 | 2.682 | 2.567 | 1.262033 | 99.456 | 0.962 | 0.171 | 0.147 | 1.164 | suscettibile | 0.00 | Molto basso |
| 5.20 | 106.110 | 64.922 | 31.217 | 2.686 | 2.573 | 1.241091 | 98.901 | 0.960 | 0.170 | 0.148 | 1.149 | suscettibile | 0.00 | Molto basso |
| 5.40 | 106.110 | 62.961 | | | | | | | | | 0 | non suscettibile | 0 | Molto basso |
| 5.60 | 106.110 | 60.999 | | | | | | | | | 0 | non suscettibile | 0 | Molto basso |
| 5.80 | 106.110 | 59.038 | | | | | | | | | 0 | non suscettibile | 0 | Molto basso |
| 6.00 | 106.110 | 57.077 | | | | | | | | | 0 | non suscettibile | 0 | Molto basso |
| 6.20 | 106.110 | 55.115 | | | | | | | | | 0 | non suscettibile | 0 | Molto basso |
| 6.40 | 106.110 | 53.154 | | | | | | | | | 0 | non suscettibile | 0 | Molto basso |
| 6.60 | 106.110 | 51.193 | | | | | | | | | 0 | non suscettibile | 0 | Molto basso |
| 6.80 | 106.110 | 49.231 | | | | | | | | | 0 | non suscettibile | 0 | Molto basso |
| 7.00 | 106.110 | 47.270 | | | | | | | | | 0 | non suscettibile | 0 | Molto basso |
| 7.20 | 106.110 | 45.309 | | | | | | | | | 0 | non suscettibile | 0 | Molto basso |
| 7.40 | 106.110 | 43.347 | | | | | | | | | 0 | non suscettibile | 0 | Molto basso |
| 7.60 | 106.110 | 41.386 | | | | | | | | | 0 | non suscettibile | 0 | Molto basso |
| 7.80 | 106.110 | 39.425 | | | | | | | | | 0 | non suscettibile | 0 | Molto basso |
| 8.00 | 106.110 | 37.463 | | | | | | | | | 0 | non suscettibile | 0 | Molto basso |
| 8.20 | 106.110 | 35.502 | | | | | | | | | 0 | non suscettibile | 0 | Molto basso |
| 8.40 | 106.110 | 33.541 | | | | | | | | | 0 | non suscettibile | 0 | Molto basso |
| 8.60 | 106.110 | 31.579 | | | | | | | | | 0 | non suscettibile | 0 | Molto basso |
| 8.80 | 106.110 | 29.618 | | | | | | | | | 0 | non suscettibile | 0 | Molto basso |
| 9.00 | 106.110 | 27.657 | | | | | | | | | 0 | non suscettibile | 0 | Molto basso |
| 9.20 | 106.110 | 25.695 | | | | | | | | | 0 | non suscettibile | 0 | Molto basso |
| 9.40 | 106.110 | 23.734 | | | | | | | | | 0 | non suscettibile | 0 | Molto basso |
| 9.60 | 106.110 | 21.773 | | | | | | | | | 0 | non suscettibile | 0 | Molto basso |
| 9.80 | 106.110 | 19.811 | | | | | | | | | 0 | non suscettibile | 0 | Molto basso |

IPL (Iwasaki)=0 Zcrit=20 m Rischio=Molto basso

<FIELD1>
<FIELD2>
<FIELD3>
<FIELD4>

1:41



PROVA PENETROMETRICA CPT3

PARAMETRI GEOTECNICI

| Strato Nr | Descrizione | Quota iniziale (m) | Quota finale (m) | Peso unità volume (KN/mc) | Peso unità volume saturo (KN/mc) | Resistenza qc (KPa) | Resistenza attrito laterale Is (KPa) |
|-----------|----------------------------------|--------------------|------------------|---------------------------|----------------------------------|---------------------|--------------------------------------|
| 1 | Argille | 0 | 6.6 | 19.65 | 20.44 | 2426.07 | 153.77 |
| 2 | Argille | 6.6 | 8.6 | 20.62 | 21.41 | 4404.95 | 254.97 |
| 3 | Sabbie dense - Sabbie con Ghiaia | 8.6 | 9.2 | 18.63 | 21.57 | 12678.83 | 108.95 |

Correzione per la magnitudo (MSF)

1.67

| Profondità dal p.c. (m) | Pressione litostatica totale (KPa) | Pressione verticale effettiva (KPa) | Resistenza alla punta normalizzata Q | Attrito laterale normalizzato F(%) | Indice di comportamento Ic | Correzione per la pressione litostatica efficace CQ | Resistenza alla punta corretta qel (KPa) | Coefficiente riduttivo (rd) | Resistenza alla liquefazione (CRR) | Sforzo di taglio normalizzato (CSR) | Coefficiente di sicurezza Fs | Suscettibilità di liquefazione | Indice di liquefazione | Rischio |
|-------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|----------------------------|---|--|-----------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------|--------------------------------|------------------------|-------------|
| 1.20 | 23.738 | 21.777 | 76.104 | 6.401 | 2.575 | 1.7 | 130.969 | 0.991 | 0.289 | 0.102 | 2.837 | non suscettibile | 0 | Molto basso |
| 1.40 | 27.826 | 23.903 | 70.967 | 6.412 | 2.594 | 1.7 | 135.735 | 0.989 | 0.313 | 0.109 | 2.879 | non suscettibile | 0 | Molto basso |
| 1.60 | 31.914 | 26.030 | 66.573 | 6.423 | 2.612 | 1.7 | 140.305 | 0.988 | 0.337 | 0.114 | 2.950 | non suscettibile | 0 | Molto basso |
| 1.80 | 36.002 | 28.157 | 62.765 | 6.434 | 2.629 | 1.7 | 144.701 | 0.986 | 0.362 | 0.119 | 3.043 | non suscettibile | 0 | Molto basso |
| 2.00 | 40.090 | 30.283 | 59.429 | 6.445 | 2.645 | 1.7 | 148.940 | 0.985 | 0.387 | 0.123 | 3.151 | non suscettibile | 0 | Molto basso |
| 2.20 | 44.178 | 32.410 | 56.480 | 6.456 | 2.659 | 1.7 | 153.038 | 0.983 | 0.413 | 0.126 | 3.271 | non suscettibile | 0 | Molto basso |
| 2.40 | 48.266 | 34.537 | 68.849 | 6.467 | 2.605 | 1.7 | 138.545 | 0.982 | 0.327 | 0.129 | 2.531 | non suscettibile | 0 | Molto basso |
| 2.60 | 52.354 | 36.663 | 64.744 | 6.478 | 2.623 | 1.7 | 143.049 | 0.980 | 0.352 | 0.132 | 2.669 | non suscettibile | 0 | Molto basso |
| 2.80 | 56.442 | 38.790 | 61.089 | 6.489 | 2.639 | 1.7 | 147.483 | 0.979 | 0.378 | 0.134 | 2.818 | non suscettibile | 0 | Molto basso |
| 3.00 | 60.530 | 40.917 | 57.814 | 6.500 | 2.655 | 1.7 | 151.851 | 0.977 | 0.406 | 0.136 | 2.977 | non suscettibile | 0 | Molto basso |
| 3.20 | 64.618 | 43.043 | 54.862 | 6.512 | 2.670 | 1.7 | 156.157 | 0.976 | 0.434 | 0.138 | 3.144 | non suscettibile | 0 | Molto basso |
| 3.40 | 68.706 | 45.170 | 52.189 | 6.523 | 2.685 | 1.7 | 160.404 | 0.974 | 0.464 | 0.140 | 3.321 | non suscettibile | 0 | Molto basso |
| 3.60 | 72.794 | 47.297 | 49.756 | 6.534 | 2.699 | 1.7 | 164.595 | 0.972 | 0.495 | 0.141 | 3.506 | non suscettibile | 0 | Molto basso |
| 3.80 | 76.882 | 49.423 | 47.532 | 6.546 | 2.713 | 1.7 | 168.732 | 0.971 | 0.527 | 0.142 | 3.699 | non suscettibile | 0 | Molto basso |
| 4.00 | 80.970 | 51.550 | 45.492 | 6.557 | 2.726 | 1.7 | 172.819 | 0.969 | 0.560 | 0.144 | 3.901 | non suscettibile | 0 | Molto basso |
| 4.20 | 85.058 | 53.677 | 43.613 | 6.569 | 2.739 | 1.7 | 176.857 | 0.968 | 0.594 | 0.145 | 4.111 | non suscettibile | 0 | Molto basso |
| 4.40 | 89.146 | 55.803 | 41.878 | 6.580 | 2.751 | 1.7 | 180.849 | 0.966 | 0.630 | 0.146 | 4.329 | non suscettibile | 0 | Molto basso |
| 4.60 | 93.234 | 57.930 | 40.270 | 6.592 | 2.763 | 1.7 | 184.796 | 0.965 | 0.667 | 0.146 | 4.555 | non suscettibile | 0 | Molto basso |
| 4.80 | 97.322 | 60.057 | 38.776 | 6.603 | 2.775 | 1.665092 | 184.827 | 0.963 | 0.667 | 0.147 | 4.533 | non suscettibile | 0 | Molto basso |
| 5.00 | 101.410 | 62.183 | 37.384 | 6.615 | 2.786 | 1.608146 | 182.161 | 0.962 | 0.642 | 0.148 | 4.342 | non suscettibile | 0 | Molto basso |
| 5.20 | 105.498 | 64.310 | 36.084 | 6.626 | 2.797 | 1.554966 | 179.637 | 0.960 | 0.619 | 0.149 | 4.169 | non suscettibile | 0 | Molto basso |
| 5.40 | 109.586 | 66.437 | 34.868 | 6.638 | 2.808 | 1.505191 | 177.241 | 0.959 | 0.598 | 0.149 | 4.010 | non suscettibile | 0 | Molto basso |
| 5.60 | 113.674 | 68.563 | 33.726 | 6.650 | 2.819 | 1.458504 | 174.963 | 0.957 | 0.578 | 0.150 | 3.864 | non suscettibile | 0 | Molto basso |
| 5.80 | 117.762 | 70.690 | 32.654 | 6.662 | 2.829 | 1.414626 | 172.793 | 0.956 | 0.560 | 0.150 | 3.730 | non suscettibile | 0 | Molto basso |
| 6.00 | 121.850 | 72.817 | 31.644 | 6.673 | 2.839 | 1.37331 | 170.723 | 0.954 | 0.543 | 0.151 | 3.606 | non suscettibile | 0 | Molto basso |
| 6.20 | 125.938 | 74.943 | 30.692 | 6.685 | 2.849 | 1.33434 | 168.746 | 0.953 | 0.527 | 0.151 | 3.491 | non suscettibile | 0 | Molto basso |
| 6.40 | 130.026 | 77.070 | 29.792 | 6.697 | 2.858 | 1.29752 | 166.854 | 0.951 | 0.512 | 0.151 | 3.385 | non suscettibile | 0 | Molto basso |
| 6.60 | 134.114 | 79.197 | 28.940 | 6.709 | 2.868 | 1.262678 | 165.042 | 0.950 | 0.498 | 0.152 | 3.285 | non suscettibile | 0 | Molto basso |
| 6.80 | 138.396 | 81.517 | 28.339 | 5.976 | 2.656 | 1.226731 | 199.110 | 0.948 | 0.814 | 0.152 | 5.365 | non suscettibile | 0 | Molto basso |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|------|---------|---------|--------|-------|-------|-----------|---------|-------|-------|-------|-------|------------------|---|-------------|
| 7.00 | 142.678 | 83.838 | 50.839 | 5.982 | 2.664 | 1.192775 | 196.699 | 0.946 | 0.788 | 0.152 | 5.187 | non suscettibile | 0 | Molto basso |
| 7.20 | 146.960 | 86.159 | 49.420 | 5.988 | 2.673 | 1.160648 | 194.395 | 0.945 | 0.763 | 0.152 | 5.022 | non suscettibile | 0 | Molto basso |
| 7.40 | 151.242 | 88.479 | 48.076 | 5.994 | 2.681 | 1.130206 | 192.190 | 0.943 | 0.740 | 0.152 | 4.868 | non suscettibile | 0 | Molto basso |
| 7.60 | 155.524 | 90.800 | 46.800 | 6.000 | 2.689 | 1.10132 | 190.078 | 0.942 | 0.719 | 0.152 | 4.725 | non suscettibile | 0 | Molto basso |
| 7.80 | 159.806 | 93.121 | 45.588 | 6.006 | 2.697 | 1.073874 | 188.052 | 0.940 | 0.698 | 0.152 | 4.591 | non suscettibile | 0 | Molto basso |
| 8.00 | 164.088 | 95.441 | 44.434 | 6.012 | 2.705 | 1.047763 | 186.107 | 0.939 | 0.679 | 0.152 | 4.465 | non suscettibile | 0 | Molto basso |
| 8.20 | 168.370 | 97.762 | 43.336 | 6.018 | 2.713 | 1.022891 | 184.236 | 0.937 | 0.662 | 0.152 | 4.347 | non suscettibile | 0 | Molto basso |
| 8.40 | 172.652 | 100.083 | 42.288 | 6.024 | 2.720 | 0.9991728 | 182.436 | 0.936 | 0.645 | 0.152 | 4.236 | non suscettibile | 0 | Molto basso |
| 8.60 | 176.934 | 102.404 | 41.288 | 6.030 | 2.728 | 0.9765295 | 180.701 | 0.934 | 0.629 | 0.152 | 4.131 | non suscettibile | 0 | Molto basso |
| 8.80 | 181.248 | 104.756 | 40.377 | 6.036 | 2.735 | 0.9552354 | 179.021 | 0.933 | 0.614 | 0.152 | 4.031 | non suscettibile | 0 | Molto basso |
| 9.00 | 185.562 | 107.109 | 39.509 | 6.042 | 2.742 | 0.9352454 | 177.391 | 0.931 | 0.600 | 0.152 | 3.934 | non suscettibile | 0 | Molto basso |

IPL (Iwasaki)=0 Zcrit=20 m Rischio=Molto basso

<FIELD1>
<FIELD2>
<FIELD3>
<FIELD4>

1:39

